

首都师范大学

硕士学位论文

北京市大兴区沙化土地信息提取与动态变化研究

姓名：王瑶

申请学位级别：硕士

专业：地图学与地理信息系统

指导教师：宫辉力

20080406

摘 要

大兴区是北京市五大风沙危害区中土地沙化最严重的地区,严重威胁着首都的生态环境建设。本文在前人研究成果的基础上,选取了线性光谱分离技术对大兴区进行沙化土地信息提取与动态分析研究,解决单个象元混和地类的问题,以达到精确分类的效果。主要内容如下:

(1)以1989年及2007年夏季TM遥感影像为数据源,运用Chavez模型对影像进行大气校正、运用二次多项式模型进行几何纠正。通过对影像统计特征分析得出:TM遥感影像各波段间相关系数高,波段间的冗余度高。因此,在运用线性光谱分离技术时,对研究区影像进行主成分分析,去除各波段间的相关性。

(2)线性光谱分离技术成功的关键在于终端端元选取,通过对研究区遥感影像进行光谱特征分析得出:1989年选择沙化土地、两类植被、水为终端端元;2007年选择沙化土地、农田植被、林草地、水为终端端元。2007年林地能作为终端端元参与影像的光谱分离,说明2007年林地的面积比1989年有较大幅度增加。通过对线性光谱分离技术进行适用性评价得出:与穗帽变换、植被指数(MSAVI)反映的总体趋势相近。并且线性光谱分离技术具有对植被及沙化土地定量计算的特点。本文以实地考察及辅助图件为基础,对分类结果进行总体精度分析。1989年与2007年总体精度达到84.05%与77.58%,分类精度较高。

(3)运用遥感技术直接进行沙化土地程度评价具有客观性、准确性等特点。本文采用线性光谱分离技术得出的沙化土地分量为基础来建立研究区的沙化程度的评价指标。分成4个不同的等级,即包括未沙化土地、轻度沙化、中度沙化以及重度沙化。1989年在大兴区沙化面积为203.797 km²,其中重度沙化面积最多,为97.073 km²。2007年大兴区沙化面积为160.661 km²。其中轻度沙化面积最多,为97.967 km²。与1989年相比,2007年沙化土地面积总体呈现减少趋势,减少43.136 km²。其中重度与中度沙化面积有大量减少,轻度沙化面积增加。

(4)土地沙化是由多种因素综合作用的结果。土地利用变化是人为影响土地类型最直接的反映。因此利用土地利用类型的变化,分析研究区域沙化土地动态变化的成因。结果表明:

第一:从1989年到2007年,大兴区林地面积增加了43.311 km²。林草地面积增加的位置主要是在土地沙化严重的永定河周边以及南部的榆垓镇地区。

第二：沙化土地分布在耕地及滩地面积减少，且分布在耕地及滩地的重度与中度沙化面积减少了 115.863 km²，沙化程度有好转趋势。

第三：在 1989 年属于重度沙化土地，在 2007 年已演变成了轻度沙化的林地及草地。甚至有些区域经过多年植树固沙治理已经转变成了植被覆盖度达到 80% 以上的林地，且以乔木为主，这些沙地在一段时间内不可能再退化，所以将这些土地归类到非沙化土地的林地里。

综上所述，大兴地区沙化土地面积减少，风沙活动受到抑制。多年来，政府进行了造林为主的植被建设，使沙化地区林地面积有了大幅度的增加。政府防沙治沙的措施取得了明显成效。

关键字：沙化土地 混和象元 线性光谱分离技术

Abstract

Da Xing is the most serious area in Beijing which is suffering from land sandification. And the sandy land intimidated the capital ecological environment construction. The paper based on the other research production, choose the linear spectral unmixing technology to monitor the Da Xing sandy information and dynamic analysis research. This technology can solve the problem of mixed pixels and classified the land type precision. The main results and conclusions are as following:

Regarding the TM remote sense images of 1989 and 2007 on summer as information sources, we used the Chavez model to correct the Atmospheric influence and used polynomial model to make geometry correction. Based on image statistic character analysis, we can see the TM remote sense images bands have the higher correlation coefficient. Before using the linear spectral unmixing technology, we should make the Principle Components Analysis and eliminate the bands correlation.

The key of the linear spectral unmixing technology is the end-member selection, based on the remote sense image analysis, we selected the sandy land, vegetations, water as end-member in 1989 and selected the sandy land, farmland, forest, water as end-member in 2007. It showed that the forest area increased in 2007 compared 1989 because of selecting the forest as a end-member in 2007. Analysing the linear spectral unmixing technology applicability, the research shows the trend is close compared with the MSAVI and Tasseled cap. And the linear spectral unmixing technology has quantitative calculation characteristic. Using the assistant map and reviewing on the spot, the paper analysis the overall precision after classifying the land. The overall precision are higher of 84.05%, 77.58% in 1989 and 2007.

It is objectivity and veracity to use remote sense technology to evaluate the extent of sandy land straightly. The paper uses the result of linear spectral unmixing to construct the extent of sandy land evaluation index, dividing into the fourth grade including not-sandy land, light sandy land, mid-sandy land and serious-sandy land. There is 203.797 km² in 1989, especially the serious-sandy land has 97.073 km². There is 160.661 km² in 2007, especially the light sandy land has 97.967 km².

Compared with the 1989's, the sandy land area decrease by 43.136 km² in 2007. Mid-sandy land and serious-sandy land are decrease especially.

The sandy land is the result of kinds of factors. The human activity influence the nature factors. The land use transformation is the reflection of the human factor influence the land type so that the paper research the cause of the sandy land change based on the land use transformation in Da Xing. The main results are as following:

Firstly during the 1989 to 2007, the forest area increase by 43.311 km², and the increasing area locate in the border of YongDing river and the south of YuFa town.

Secondly distributed in the farmland and bottomland, the sandy land decrease, and the mid-sandy land and serious-sandy land are decrease by 115.863 km². The extent of sandy land is better.

Finally the land which is serious-sandy land in 1989 evolved into the forest and grass land of light sandy land. However some of sandy land that was controlled by comprehensive sand-fixation and tree-planting covered more than 80 percent of woodland to the main, these sand over a period of time can no longer degradation. Therefore, these sites will be classified as non-forest land desertification.

To sum up, the Daxing district sandy land area decreased, sandstorms activities be restrained. Over the years, the Government conducted reforestation construction, the area of sandy land areas has significantly increased. The Government comprehensive anti-desertification measures have achieved remarkable results.

图表索引

图 1-1 沙化土地信息提取与评价技术体系流程图	8
图 2-1 大兴区土壤类型分布图	11
图 2-2 大兴区水系分布图	13
图 3-1 1989 年大兴区预处理后遥感影像	21
图 3-2 2007 年大兴区预处理后遥感影像	22
图 4-1 线性光谱混合模型示意图	27
图 4-2 线性光谱分离技术流程图	29
图 4-3 1989 年 PCA1 与 PCA2 散点图	32
图 4-4 2007 年 PCA1 与 PCA2 散点图	32
图 4-5 1989 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值图	32
图 4-6 2007 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值图	33
图 4-7 1989 年沙化土地分量图	34
图 4-8 2007 年沙化土地分量图	34
图 4-9 1989 年大兴区遥感影像穗帽变换土壤分量	37
图 4-10 1989 年大兴区线性光谱分离沙化土地与穗帽变换沙化土地相关关系	37
图 4-11 2007 年大兴区遥感影像穗帽变换土壤分量图	38
图 4-12 2007 年大兴区线性光谱分离沙化土地与穗帽变换沙化土地相关关系	38
图 4-13 1989 年大兴区修改型土壤调整植被指数图	40
图 4-14 1989 年线性光谱分离植被分量与 MSAVI 相关关系	40
图 4-15 1989 年大兴区修改型土壤调整植被指数图	41
图 4-16 1989 年线性光谱分离植被分量与 MSAVI 相关关系	41
图 4-17 1989 年大兴区遥感影像 500 米取样图	42
图 4-18 2007 年大兴区遥感影像 500 米取样图	43
图 5-1 1989 年大兴区沙化土地等级分布图	47
图 5-2 2007 年大兴区沙化土地等级分布图	48
图 5-3 土地利用类型监测技术流程	49
图 5-4 1989 年大兴区土地利用分布图	51
图 5-5 2007 年大兴区土地利用分布图	52
图 5-6 1989 年-2007 年大兴地区土地利用类型变化图	53
图 5-7 1989 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布	54

图 5-8 2007 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布	55
表 2.1: 大兴地区土壤类型统计表	12
表 3.1: TM 数据的波段特征	15
表 3.2: USGS 给出的日地距参照距离值	18
表 3.3: 1989 年 7 月大兴地区的 TM 影像参数值	18
表 3.4: 2007 年 6 月大兴地区的 TM 影像参数值	19
表 3.5: 2007 年 TM 影像几何纠正控制点	20
表 3.6: 1989 年大兴地区 TM 影像各波段统计特征	23
表 3.7: 2007 年大兴地区 TM 影像各波段统计特征	24
表 3.8: 1989 年大兴地区 TM 影像各波段相关系数矩阵	24
表 3.9: 2007 年大兴地区 TM 影像各波段相关系数矩阵	24
表 4.1: 沙化土地的类型划分	26
表 4.2: 1989 年及 2007 年 PCA 变换后的 TM 影像相关矩阵统计	30
表 4.3: 1989 年 TM 影像 PCA 变换后统计特征值及方差贡献率	31
表 4.4: 2007 年 TM 影像 PCA 变换后统计特征值及方差贡献率	31
表 4.5: 1989 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值表	32
表 4.6: 2007 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值表	33
表 4.7: 1989 年与 2007 年大兴地区线性光谱分离结果	35
表 4.8: 1989 年基于线性光谱分离技术的分类混淆矩阵	44
表 4.9: 2007 年基于线性光谱分离技术的分类混淆矩阵	44
表 5.1: 土地沙化程度描述与划分	46
表 5.2: 大兴地区不同沙化土地等级类型面积及动态变化	47
表 5.3: 大兴区土地利用分类	50
表 5.4: 1989 年大兴地区土地利用/覆盖类型	51
表 5.5: 2007 年大兴地区土地利用/覆盖类型	52
表 5.6: 1989 年-2007 年大兴地区土地利用变化面积及百分比	53
表 5.7: 1989 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布	54
表 5.8: 2007 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布	54
表 5.9: 1989 年至 2007 年不同土地利用类型的沙化土地面积变化	55

首都师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：王瑶 

日期：2008 年 4 月 6 日

首都师范大学学位论文授权使用声明

本人完全了解首都师范大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或其指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅。有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

学位论文作者签名：王瑶 

日期：2008 年 4 月 6 日

第一章 绪论

1.1 引言

由于近年来荒漠化问题影响到了世界各国社会经济及环境生态状况,因此世界各地对此高度关注。1977年召开的“联合国荒漠化大会”(UN Conference On Desertification)把荒漠化的评价与监测研究提上议事日程。在1994年,各国政府通过了《联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约》。在这个公约中将荒漠化定义为:指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和受干旱影响的亚湿润区域的土地退化^[1]。

在中国,有学者运用荒漠化概念,也有学者运用沙漠化、沙化等概念。沙漠化也认为是风蚀荒漠化,是土地荒漠化的最主要形式之一。沙漠化概念是:指人类不合理经济活动,叠加以空气动力为主的自然营力所造成的土地退化过程,干旱多风和沙源丰富的沙质地表是产生风蚀沙漠化的条件和物质基础^[2]。沙化土地是指任何区域在各种气候条件下,由于自然因素以及人为因素形成的以沙物质地表为主要标志的退化土地^[3]。其中沙化包括天然沙漠扩张和沙质土壤上植被破坏、沙土裸露等过程。

沙化土地大面积的增加给世界各国造成了严重的环境恶化和经济贫困,被列入威胁人类生存的十大环境与发展问题之首。它不仅威胁到整个人类的生存与社会可持续发展,而且是制约经济发展和社会稳定的重要因素。据联合国资料,全世界旱区的总面积5200万平方千米,其中70%已发生了不同程度的退化。荒漠化土地已经覆盖全球陆地表面积的1/4,影响全球213个国家和10亿人口^[4]。

中国是世界上受到沙化影响最严重的国家之一,可能发生荒漠化的潜在面积为 $3.32 \times 10^6 \text{ km}^2$,占国土总面积的34.6%,分布于全国18个省(自治区、直辖市)的470个县(市、区)。第二次全国荒漠化、沙化土地监测结果显示,我国荒漠化土地总面积为 $2.674 \times 10^6 \text{ km}^2$,占国土面积的27.9%^[5]。自90年代以来仍以每年2460平方千米的速度扩展,造成了重大的经济损失。沙化土地的防治对我国的生态环境建设,社会经济的可持续发展有重要意义。

沙化土地的监测与评价是区域沙化土地防治的基础与前提,此次研究运用遥感与地理信息系统的技术手段,对大兴地区进行沙化土地的信息提取与评价研究。遥感数据以其准确性和适时性以及覆盖区域的广泛性和完整性在沙化土地监

测中得到广泛应用。应用遥感技术对沙化土地进行监测可以及时、准确地掌握沙化土地的空间分布状况。丰富的遥感数据资料,有利于研究者进行沙化土地动态变化分析。同时,可以监测近年来政府进行的防沙治沙工程的实施状况及其治理效果。为改进防沙治沙战略、进行正确、合理、有效的防沙治沙规划提供决策依据。

1.2 沙化土地信息提取研究进展

1.2.1 目视解译方法

人工目视解译指在对研究区域情况有一定的了解,遥感影像有综合理解的基础上,通过对研究区域实地考察建立与遥感影像相对应的解译标志,然后根据解译标志,进行人机交互的目视识别方法。目视解译是通过识别影像上地物的色调、形状、大小、阴影、纹理、位置等影像特征,结合一定的先验知识和研究区域背景知识,辅助其他类型图件,进行综合分析,从而进行准确的地物分类。

近年来,人工目视解译在沙化土地信息提取中也得到了广泛应用。其中,马立鹏(1996)运用TM影像,采取目视解译的方法对河西地区荒漠化土地进行了监测调查,分析了甘肃河西地区12景、24幅TM影像色调特征及形态特征,结合荒漠化土地类型划分建立了图像解译标志,并详细阐述了TM影像解译程序,充分表明了该技术用于此类工作的成功^[6]。柴芸(2003)运用两期TM影像(1994,1998),结合实地调查及相关资料综合分析,建立研究区域TM影像色调特征及形态特征实现对甘肃省沙化土地进行动态监测^[7]。王敏娟(2006)运用1999年与2007年两期TM遥感影像为基础,在ERDAS IMAGINE平台上,通过对研究区域遥感影像进行预处理、建立解译标志,人工目视识别等,实现了对榆林市河口水库周边地区的沙化土地动态变化监测^[8]。

通过对影像建立典型地物地类解译标志,再进行人工目视解译,勾绘提取沙化土地图斑,工作量较大,工程耗时较长、解译速度慢。并且往往带有解译者的主观随意性,精度受到限制。因此,在日益注重遥感时效性及量化的今天,目视解译的应用受到一定限制。

1.2.2 分类方法

遥感分类方法在沙化土地信息提取中也应用十分广泛。

传统的分类方法包括非监督分类和监督分类。非监督分类有ISODATA分类、K-MEANS分类等，他们主要是对遥感影像的象元仅仅用统计方法对数据集中的象元进行分类，它不需要用户定义任何训练样本类别，但是分类效果欠佳。监督分类有最小距离法、最大似然法、平行六面体法等。监督分类方法需要研究者通过了解研究区域，对遥感影像定义训练样本类别，该分类方法具有分类速度快。廉毅（1999）运用陆地卫星遥感，采取监督分类的方法，对吉林省西部荒漠化发展进行监测分析^[9]。对于监督分类方法，需要定义大量的样本训练类别，并且如果样本定义的训练类别效果不好，将直接影响最后的分类精度。因此，在定义研究区域的样本训练类别时需要占用大量的时间。而且，目前传统监督分类的精度普遍不高，难以运用到实际研究当中。

近些年来，为了提高运用遥感影像分类方法提取沙化土地信息的精度，许多学者采用了许多新的方法对沙化土地信息提取进行了研究。

赵国忱（2002）利用数学形态学进行纹理分析，从腐蚀运算结果抽取纹理特征、利用形态学运算抽取分形参数作为纹理特征等，从而提取地物的空间结构信息。利用纹理结构参与土地荒漠化遥感分类，提高了土地荒漠化分类的精度^[10]。

乔平林（2004），利用了TM卫星遥感数据中的可见光、热红外和植被指数（NDVI）数据，建立了相应的BP神经网络的土地荒漠化信息的自动提取模型。实验应用表明，基于人工神经网络方法提取土地荒漠化发生的地点和范围等信息，其精度可达到84%^[11]。

运用分层分类的决策树分类方法可以将地类的光谱特性、植被指数、纹理特性等复合信息综合考虑，有效避免提取地物信息时多余信息的干扰及影响，目标明确、层次分明、提取精度较高。

王晓慧（2005）采用Landsat ETM+多时相影像，在地类光谱特征分析的基础上，用分层分离的方法，提取出沙化土地信息^[12]。

杜明义（2006）本文以遥感（RS）作为荒漠化信息获取与分析的工具，利用基于决策树的分析方法，结合区域环境特点，根据不同荒漠化类型的遥感影像特点，针对荒漠化类型、强度进行了分层次提取和分类^[13]。

上述遥感分类研究方法,在沙化土地的信息提取方面都有各自的优势,并且分类信息的提取都是基于单个象元灰度值而言的。然而,在运用分辨率较小的遥感影像时,在单个象元内,并非只有一种地类,以上研究方法不能解决单个象元混和地类的问题。

1.2.3 光谱混合分离方法

在运用遥感技术进行沙化土地信息提取时,研究区域往往地域较大。因此,选择的遥感影像其空间分辨率并不高。日前常用的遥感影像来监测沙化土地信息有TM、SPOT、AVIRIS、MODIS等。然而,在基于这些影像进行沙化土地信息提取时,象元内部往往并非单一的地类。例如,单个象元中包括了植被以及沙化土地等多种地类。为了解决这个问题,需要选择分离混和象元的一种方法来进行精确的提取沙化土地信息。

光谱混合分析技术(Spectral Mixture Analysis, SMA)的出现与发展较好地解决了这一问题。多年来国内外学者们探索遥感光谱成像机理,模拟光谱的混合过程,发展了多种混合光谱分离技术,提出了不同的光谱混合模型,如线性、概率、几何光学、随机几何、模糊模型等。模型的建立通常是通过获取地物的反射率影像,确定研究区域内主要的几种土地覆盖类型,建立终端端元,最后运用上述模型分离端元。

国外学者运用光谱混和分离技术进行沙化土地信息提取与评价方面有一定的研究。Tromp(1999)用TM遥感数据对布基纳法索地区的半干旱地区的土地退化进行了评价。结果表明,光谱混合分离技术比其他分类更能准确地反映土地退化状况^[14]。Aifredo D. Colado(2002)在对阿根廷的沙漠化研究中,选择TM影像,运用光谱混合分析(SMA)的方法,选取植被、沙地、水体为终端端元,准确提取了沙漠化信息,然后对两期沙地影像进行了比较,实现了研究区域沙化土地及植被的动态监测^[15]。

在国内,一些学者在运用光谱混和分离技术进行沙化土地提取也有一些研究。张熙川(1999)利用不同时相的TM数据,采用线性光谱混合模型的方法,对内蒙古中西部半干旱地区的土地退化进行了以快速评价为目标的研究。在选用沙地、裸地、农耕地、牧草地作为基本组分的基础上,提取了反映土地退化的定量指标。相比其他遥感定量提取的方法,线性光谱混合模型优势十分明显^[16]。蒙琳

(2005)根据横山县处于农牧交错带,土地退化以土地沙化为主的特点,选择沙地、农地、林草地、裸地、滩涂五种基本组分,运用线性光谱混和模型对陕西省横山县进行沙化土地信息提取^[17]。

上述研究表明,光谱混和分离方法在进行沙化土地监测方面有较好的应用,此方法不仅费时短,而且精度高,解决了混和象元的问题。基于以上优势,此次研究运用光谱混和分离方法对大兴地区沙化土地进行动态监测以及变化分析。

1.3 沙化程度评价研究进展

1.3.1 综合指标评价方法

综合指数评价方法主要是选取对土地沙化有重要影响的因子,通过消除量纲的影响,建立综合指标。这种方法需要根据研究者的经验,运用建立的指标因子进行综合判定来获取沙化土地的等级。

胡孟春(1991)应用模糊数学的方法计算单要素如植被盖度、风蚀风积面积百分比、沙土含水率、有机质含量等指数和不同荒漠化程度的综合指数,应用模糊综合评判方法评定科尔沁沙地的沙漠化^[18]。

朱震达(1998)通过给定风蚀地表形态占地面积(%)、植被盖度和土地生物生产量下降数(%)三个指标各等级下的阈值,再结合地表景观综合特征来判定风蚀作用下土地荒漠化的程度^[19]。

王葆芳(2004)根据我国沙质荒漠化(亦称沙漠化)土地现状评价与监测工作的需求,在实地调查的基础上,依据地表形态、植被、土壤三大特征9项指标(裸沙占地百分比、地表结皮、植被盖度、植被生物量、土壤有机质、全氮量、速效磷、速效钾、土壤物理粘粒含量),应用多元回归方法筛选评价指标,采用多因素综合指标分级数量化法建立了地方、区域、国家3种尺度的沙质荒漠化土地现状监测评价指标体系。经三个不同气候区野外实地验证,结果表明,地方、区域、国家3种评价尺度的判对率分别为81.03%、84.48%、89.66%^[20]。

Symeonakis 和Drake用植被覆盖、雨水利用系数、地表径流和土壤侵蚀4个指标建立了非洲撒哈拉地区荒漠化监测体系^[21]。

以上这些综合指数方法需要大量的数据来分析,并且指标的选取也具有一定的人为主观性,各种指标的变化不一致,更换指标可能导致区域评价结果不相同。

1.3.2 遥感评价方法

随着航天技术、计算机技术和图像处理技术的发展,遥感技术运用到沙化土地评价中已经成为可能。尤其在运用多空间分辨率、高光谱分辨率等遥感影像资料准确地、有效地、快速地监测及评价大中尺度区域的沙化土地信息更有优势。国内外学者在运用遥感技术直接评价沙化程度也有一些研究。

Larmbin (1996) 认为用热红外辐射(Ts)与植被指数(VI)的比值监测沙化土地变化时,其稳定度与精度优于单独的NDVI^[22]。

Valle(1998)在印度,利用MSS和印度资源卫星(IRS)数据与其他来源数据的结合,进行土地退化评价取得了很好的效果,遥感信息指标包括反射率和归一化植被指数(NDVI)^[23]。

李晓松(2006)运用ETM遥感影像,采用光谱混合分析(SMA)技术,对位于半干旱区的毛乌素沙地选取农地、裸沙、沙生植被、水和盐碱地作为基本组分,进行了沙化土地混合像元分解和沙化信息提取,并且将裸沙于盐碱地分量之和作为沙化土地分量。根据沙化土地分量的象元值进行沙化程度等级划分。结果表明,光谱混合分析(SMA)技术进行沙化土地信息提取及评价取得良好的效果,效果要优于NDVI^[24]。

以上研究表明,运用遥感技术进行沙化土地评价不仅能客观地对研究区域进行沙化程度评价,而且能够快速、准确地对沙化程度进行分析。基于以上优势,此次研究选取遥感技术直接评价沙化程度。

1.4 研究目的与研究内容

1.4.1 研究目的

沙化土地的信息提取与沙化程度的评价是进行防沙治沙的基础与前提。通过运用遥感的技术手段,对研究区域进行沙化土地监测,能够了解沙化土地的分布位置、面积以及动态变化趋势等情况。通过对沙化土地动态变化情况分析及对沙化程度评价分析,研究近19年来,沙化土地动态变化成因及大兴地区防沙治沙的成效。使得管理部门能够及时、准确地掌握研究区生态环境变化情况;为政府宏观决策提供科学依据。

1.4.2 研究内容

本研究针对当前沙化土地监测与评价的问题,结合研究区域实际的情况,运用遥感与地理信息系统技术,对北京市大兴区进行沙化土地的信息提取与沙化程度评价。主要开展以下几个方面的工作:

1) 遥感影像的选取与处理

遥感影像的选取与处理是应用遥感技术方法研究沙化土地信息提取的前提与基础。本研究选取的遥感影像为LANDSAT5的TM影像,主要原因是:陆地卫星运行时间长,数据量丰富,有利于对研究区域进行动态变化分析。遥感影像选取的时像是植被长势旺盛期,这样更有利于对沙化土地面积的提取与分析。在遥感影像的处理上,主要进行大气校正、几何纠正等。

2) 大兴地区沙化土地信息提取研究

沙化土地信息提取主要是为了研究大兴地区沙化土地的分布位置、分布数量。本研究利用线性光谱分离技术对1989年及2007年的TM遥感影像进行沙化土地信息提取。为了验证线性光谱分离技术的可行性,此次研究对该技术进行了适用性评价。并且通过对研究区域的实地考察以及辅助图件的分析,对分类后的结果进行总体精度分析。为快速获取沙化土地状况提供有力的技术支撑。

3) 沙化程度评价与动态变化成因分析

沙化程度的评价分析主要是对沙化土地进行不同沙化程度的等级划分。通过对1989年及2007年大兴地区不同等级沙化土地的位置及面积确定,分析19年间大兴地区沙化土地动态变化趋势及成因。人为因素与自然因素都对土地沙化的演变有一定的影响作用。本研究主要从人为因素的角度分析研究区域沙化土地动态变化的成因。

1.5 技术路线

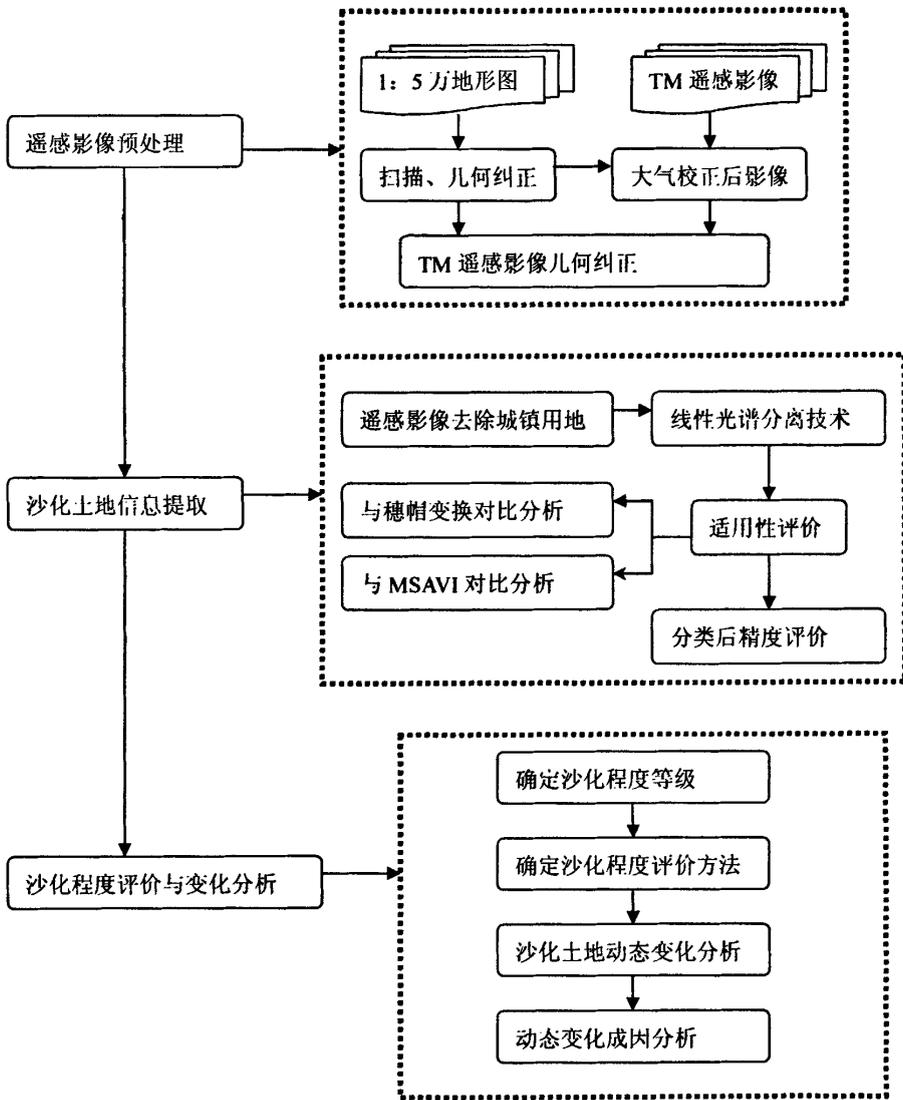


图 1-1 沙化土地信息提取与评价技术体系流程图

第二章 研究区域的概况

大兴区属北京市辖区，位于北京市南郊。辖区总面积 1047.326 km²，地理坐标为东经 116°13′—116°43′，北纬 39°26′—39°50′，北连丰台、朝阳两区，西隔永定河，与房山区相望，东与通州毗邻，南及西南与河北省廊坊市、固安县、涿州市接壤。全区总面积 1030km²，东西宽、南北长均为 44km。

2.1 地貌与地形

大兴区位于华北平原的北部，北京小平原南部永定河—洪积冲积平原上，全区总的地势平坦，呈西北高东南低的微倾状，海拔高程在 15-45m 之间，平均坡降 1/1250。按成因和形态划分，全区可分为永定河—洪积冲积扇、永定河河床自然堤和冲积平原 3 大类地貌单元。西部、西南部为永定河洪积形成的条状沙带，东南部沙带尚存少量风积沙丘，西部沿永定河一线属现代河漫滩。

(1) 现代永定河河漫滩：沿永定河左岸有绵延 52 公里的河漫滩，大部分河漫滩沙层在 2m 以上，质地自北向南由粗到细。六合庄以北，质粗不宜耕作；六合庄至刘家铺一带为细砂，可农耕；刘家铺以下为粉砂，并常有黏土层，形成良好耕地，在南各庄境内形成高产田。

(2) 永定河冲积洪积扇下缘：凤河以北大片地区，沉积物质细，地下水位较高，轻壤、中壤为主，土质好，农作物产量高。凤河以南至安定镇的东、西芦各庄，地势较低，以轻壤为主，土壤含盐、碱较多。

(3) 永定河冲积—洪积平原：主要由永定河洪积——冲积而成。集中分布在区域东半部，从前高米店经黄村、王立庄、前大营、北研垡、穆园子、河北辛庄、后安定、沙河村、后野厂、和顺场、东北台到大同营一带以东、以北，呈带状微高地，土地连片，地势平坦，多为黏质沙壤和沙质黏壤组成的两合土。

永定河沿大兴县西部、南部边界流经 5 个镇、乡，境内长 54km。受其长期摆动和决口影响，形成大面积沙质土，是北京地区五大风沙危害区之一。地处“京南门户”的大兴境内的沙质土地，是该区荒漠化面积分布最广、风沙危害最严重的沙地。

2.2 气候特征

大兴区属于暖温带亚湿润季风气候，受到西风带的影响，冬春季节盛行西北

风，气候寒冷少雨多风，秋季天高气爽，四季分明，降水适中，春季干旱。

(1)降水：年平均降水量为 569.4 毫米。其中以降雨为主，约占降水总量的 97%。50 年代是多雨时期，进入 60 年代以后降雨偏少。

春季平均降水量 54.1 毫米；夏季平均降水量 436.5 毫米，约占全年降水量的 76.6%。最多年分达 90%以上；秋季平均降水量 68.8 毫米；冬季平均降水量仅 10.3 毫米。

(2)光照：大兴地区年平均日照时数为 2764 小时，年平均日照百分率为 63%，最多年份年日照时数曾达到 3173 小时，日照百分率为 72%(1962 年)；最少年份年日照时数只有 2440 小时，日照百分率为 55%。

大兴区充足的光照保证了植物生长的热量，而且由于大兴区沙地较多，昼夜温差较大，适合瓜果生长，使该区成为北京市著名的西瓜生产基地。

(3)风：大兴区冬春两季大风较多，其中 4 月份大风日数最多，平均为 3.3 天。夏季多为雷雨前大风，持续时间短，局地性强，危害性大，尤以 8 月份风灾最为严重。

(4)气温：大兴区年平均气温约 11.5℃。最冷月为 1 月份，月平均气温在 -5℃，最热月为 7 月，月平均气温 25.9℃，极端最低气温为 -27.4℃。极端最高气温为 40.6℃。最高气温出现在 6-7 月。最低气温出现在 12 月底。

2.3 土壤分布

土壤类型分布是影响作物生产力的重要因素。大兴区主要属于河成地貌，土壤以沙质为主。河成地貌的特点使得该县的成土母质主要为冲洪积物质、冲积物和冲积风积物。大兴地区土壤类型按照发生学分类，主要分为褐土、潮土、水稻土、沼泽土、风沙土 5 个土类。主要有风沙土、褐土性土、潮褐土、褐潮土、潮土、盐潮土、碱潮土、湿潮土、水稻土、沼泽土。

土壤形成过程多是在地下水的参与下进行的，故潮土占 90.97%。其中壤质冲积物潮土占整个区域总面积的 46.30%，砂质冲积物潮土占整个区域总面积的 28.27%。砂质冲积物潮土为永定河决口形成的风力堆积的沙土，主要分布在大兴地区西部以及西南部，在靠永定河沿岸的芦城、北臧村、定福庄、榆堡、南各庄和中部的半壁店一带。此 6 个地区沙地占全区沙地面积的 63%，也是大兴地区主要沙化土地分布范围。

盐潮土占整个区域总面积的 7.92%，盐潮土则分布于沙带之间的低平洼地和永定河堤外洼地外缘。一是永定河堤外洼地，包括芦城、北臧村、定福庄、榆垓等地的部分村庄；二是洪冲积平原的返碱地带，包括青云店、长子营、采育、魏善庄、大辛庄、垡上各地的部分村庄。

水稻土、沼泽土及普通褐土分布面积较少，共占区域总面积的 10.07%。农业耕种等活动的长期熟化过程使土壤肥力表现出明显的地块性和村落性。如下图所示：

土壤的总特点是薄、碱、沙、洼，土壤结构差，有机质含量低，碳酸钙含量高，极少形成疏松柔和的水稳性团粒结构。是农业生产的不利条件。有机质含量仅 0.94。

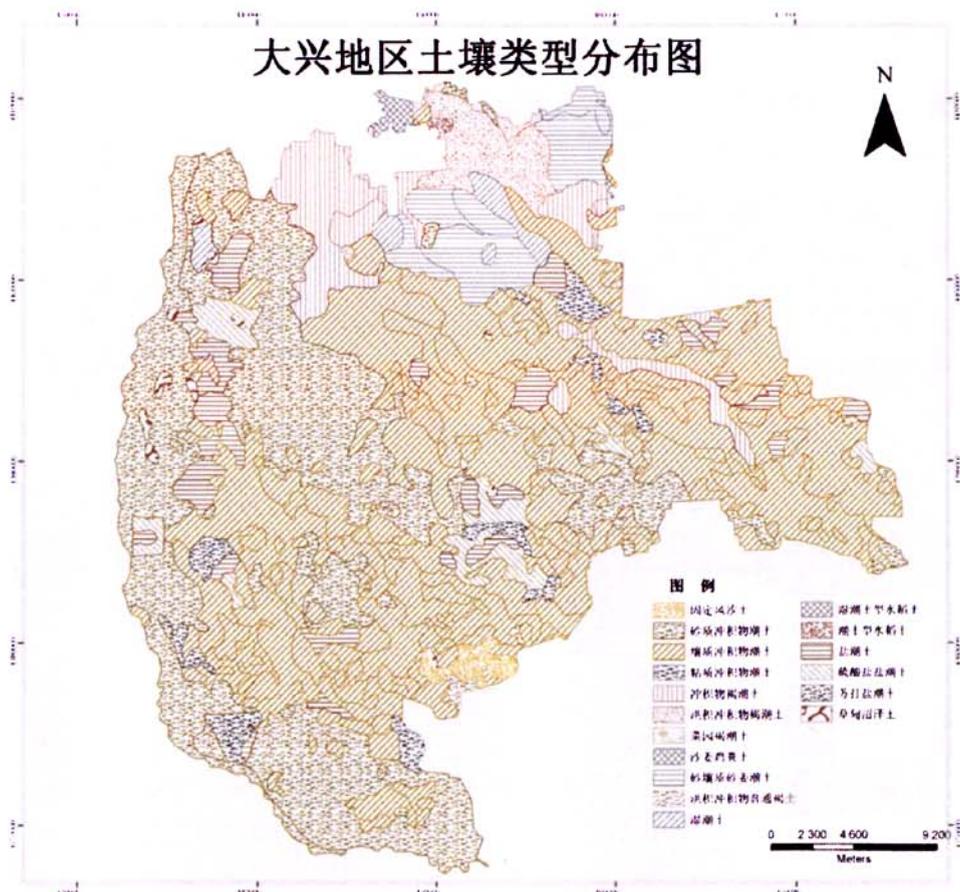


图 2-1 大兴区土壤类型分布图

表 2.1: 大兴地区土壤类型统计表

土壤类型	土壤亚类	面积	百分比	百分比
潮土	壤质冲积物潮土	484.933	46.30%	90.97%
	粘质冲积物潮土	22.593	2.16%	
	砂质冲积物潮土	295.483	28.22%	
	冲积物褐潮土	60.306	5.76%	
	洪积冲积物褐潮土	27.340	2.61%	
	菜园褐潮土	0.834	0.08%	
	砂壤质砂姜潮土	48.725	4.65%	
	沙姜鸡粪土	0.258	0.02%	
	湿潮土	12.258	1.17%	
普通褐土	洪积冲积物普通褐土	1.760	0.17%	0.17%
水稻土	湿潮土型水稻土	3.163	0.30%	0.39%
	潮土型水稻土	0.923	0.09%	
盐潮土	盐潮土	49.732	4.75%	7.92%
	硫酸盐盐潮土	27.405	2.62%	
	苏打盐潮土	5.748	0.55%	
沼泽土	草甸沼泽土	5.295	0.51%	0.51%
风沙土	固定风沙土	0.568	0.05%	0.05%
总计		1047.326	100.00%	100.00%

2.4 植被分布

大兴区由于多种因素,几乎无天然植被,经过多年实践已选择出适宜该地气候、地貌及土壤特性的农作物品种、防护林林种及经济林林种并发展了合理的农作物种植制度及防护林和经济林配置模式,既形成了高效的生物生产系统,有效地保护了该地脆弱的生态环境,达到经济发展与生态环境同步发展的目的^[25]。

大兴的自然植被主要是沙地次生林,其核心区主要树种是小叶杨,零星的桦

杂着杜梨、大青杨等其它树种，而在核心区之外则是一些人工种植的果树，包括梨、桃、苹果、山楂、樱桃和桑树等和速生杨树林。近年来政府对林地保护工作非常重视，加强了抚育和管理，收到一定的成效。大兴的人工林地主要是以杨树等为主的防护林、农田林网和各种果园等经济林。

2.5 水资源分布

大兴境内主要有永定河、新风河、凉水河、大龙河、南小龙河、北小龙河、天堂河等 7 条河流，分属永定河、北运河两大水系，流向东南汇入海河，注入渤海。同时区内有一埝坛水库。目前大兴区水系中，永定河、天堂河、大龙河、南小龙河、埝坛水库常年无水，新风河、凉水河、北小龙河为承污河。受近年来北京气候干旱和区域地下水超采的影响，大兴区内各地表水系缺水现象比较严重。

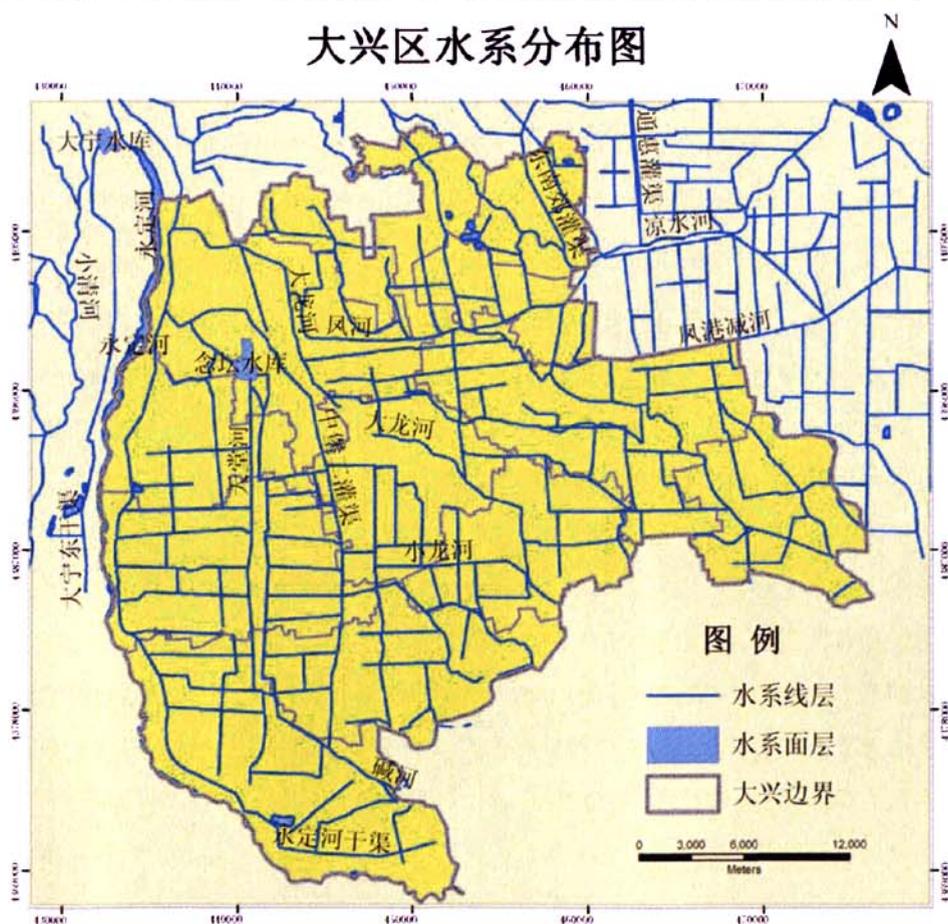


图 2-2 大兴区水系分布图

2.6 社会经济发展状况

大兴是北京市唯一拥有两个新兴卫星城的郊区县。其中，区政府所在地黄村卫星城距市区南三环仅 13 公里，它是 1984 年国务院批准建设的首都第一批重点发展的卫星城之一；北京新城亦庄，即北京经济技术开发区，是在北京跨入国际化大都市的经济发展框架和战略选择中，在大兴亦庄镇内迅速崛起的又一座新兴卫星城。在北京城市总体规划格局中，大兴处于“连接一轴，横跨两带，关联多中心”的重要战略要冲，位于首都向华北平原辐射的前沿和发展的腹地。

2003 年全区产业结构继续保持了“三、二、一”的发展格局，全年国内生产总值 103.7 亿元，其中第一产业国内总产值 13.75 亿元，第二产业 42.13 亿元，第三产业 57.82 亿元，分别比上年同期增长 1.0%、22.9%和 19.4%，第一、第二和第三产业对经济增长的贡献率分别为 0.8%、49.8%和 49.4%。

“十五”期间，全区地区生产总值年均增长 20%以上。预计到“十五”期末，地区生产总值达到 160 亿元，财政收入达到 11 亿元，实现社会消费品零售总额 58 亿元，城镇居民人均可支配收入达到 15400 元，农民人均纯收入达到 7570 元。

2.7 风沙治理状况

大兴地区在历史上由于受到永定河长期的决口影响，造成全区 60%的土地沙化。整个区域形成了五条沙带，由于受到华北地区半干旱季风气候的影响，使得大兴地区成为北京五大风沙危害区中最严重的地区。严重的土地沙化灾害给当地群众的生产与生活造成了重大影响，制约了当地社会经济的发展。

建国以来大兴区实施了防沙治沙工程，取得了巨大成绩，曾经荣获“全国林业生态建设先进县”的称号。尤其在 90 年代以后，大兴地区列入了国家“三北”防护林体系工程。工程要求：本着“网、带、片、点”相结合的原则，首先在永定河沿线营造防护林、在裸露的沙地上建造林地与果园。第二、在沙区以开发沙荒地为重点，生态效益与经济效益并重的沙区综合治理。第三、提高林业的科技含量为手段，以提高经济、社会效益为目标，开发旅游林业等^[26]。在 2000 年—2004 年全区累计植树 2346 万株、目前，大兴区的网、带、片、点结合的防护体系已基本形成，95%的农田基本上实现了林网化。

这一系列工作使得大兴区风沙危害明显减小，生态环境得到了极大改善。

第三章 数据预处理

3.1 数据选取与预处理

3.1.1 遥感数据的选取

LANDSAT5 是美国太空总署 (NASA) 于 1984 年 3 月 1 日发射的地球观测卫星。其中波段 1-5 和 7 为可见光及近红外波段, 分辨率为 30 (28.5) 米, 波段 6 为热红外光分辨率为 120 米。LANDSAT5 每景影像扫描耗时约 26.31 秒, 覆盖 185 公里×170 公里, 扫描影像重叠率超过 10%。陆地卫星在 TM 的波段选择上均考虑了在各自条件下监测不同类型的地球资源。

表 3.1: TM 数据的波段特征

波段	波段	频谱范围	波段特性
B1	Blue-Green	0.45-0.52	对水体有透射力, 能够反射浅水水下特征, 可区分土壤和植被, 人造地物类型。
B2	Green	0.52 - 0.60	探测健康植被绿色反射率, 区分植被类型和评估作物长势, 区分人造地物类型, 对水体有透射力。
B3	Red	0.63 - 0.69	可测量植物绿色素吸收率, 并依次进行植物分类, 可区分人造地物类型。
B4	近红外	0.76 - 0.90	测定生物量和作物长势, 区分植被类型, 绘制水体边界, 探测水中生物的含量和土壤湿度。
B5	短波红外	1.55-1.75	探测植物含水量及土壤湿度, 用于干旱研究和植物健康分析。区别云、雪和冰的少数波段之一。
B6	热红外	10.4-12.5	探测地球表面不同物质的自身热辐射的主要波段, 可用于热分布制图, 热量强度、杀虫剂应用效果、岩石识别和地质探矿及定位热污染等方面。
B7	短波红外	2.08 - 2.35	探测高温辐射源, 如监测森林火灾、火山活动等, 区分人造地物类型, 是辨别地质岩类、土壤界线及土壤、植被含水量的重要波段。

LANDSAT5 从 1984 年发射至今仍然在继续运行,运行时间年限长,数据量丰富,给科学研究带来了具有价值的信息。

因此,此次研究选用 1989 年 7 月份以及 2007 年 6 月份的 LANDSAT5TM 遥感影像为基本数据源。为了使数据能够覆盖整个大兴地区,我们选取了两景影像,轨道号为 123/32 及 123/33,成像日期基本在植被长势比较旺盛时期。并且在研究区域的影像保证无云覆盖,影像质量较好,奠定了图像处理可操作性及信息提取准确性的基础。

3.1.2 大气校正

在遥感影像成像时,由于各种因素的影响,使得传感器接受到的电磁波能量与地物本身辐射的电磁波能量并不相同。从传感器得到的测量值与目标物的光谱辐射亮度等物理量是不一致的,传感器本身的光电系统特征、太阳高度、地形以及大气条件等都会引起光谱亮度的失真。为了分析和提取地物本身的光谱特性必须对这些失真进行校正。消除图像数据中依附在辐射亮度里的各种失真的过程称为辐射校正^[27]。完整的辐射校正包括传感器的灵敏度特征引起的辐射校正以及外部环境因素误差校正。传感器的灵敏度特征引起误差是属于系统的,可以预测的,通过卫星发射之间的辐射定标和运行中的星上辐射定标来确定^[28]。然而,外部环境因素误差主要是进行大气以及地形引起的误差校正。在定量遥感研究中,在对多时相影像进行动态监测及植被特征等定量信息提取时,遥感数据大气校正以及地表反射率反演方法的研究越来越受到重视。通过进行辐射定标可以获取光谱辐射亮度以及表观反射率,然而表观反射率影像包括了地面反射率与大气反射率,因此要得到地面反射率需要对辐射定标后的表观反射率影像进行大气校正,消除大气影响,从而去除大气反射率,得到最终的地面反射率影像。

校正方法可以分成两类:绝对校正和相对校正。绝对校正通过对大气、地形和其它因素的校正,可以把遥感影像的 DN 值转换成最终的地面反射率或者辐射率。主要的模型有 6S (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum),MODTRAN (Moderate Resolution Atmospheric Radiance and Transmittance Model)等。相对校正是指去除或者标准化同景影像之间的亮度差异,或者同一研究区不同时相的影像之间的亮度差异。这种校正不能得到地物的地面反射率。常用的方法有:直方图匹配、多时相影像回归分析法。根据模型不

同的参数来源, 辐射校正有以下几种方法: 一种是辐射传输方程进行大气校正, 但是仅从图像数据中很难获取传输方程中的参数, 结果只能是近似解。二是利用地面实况数据进行大气校正, 此方法需要预先在地面设置反射率已知的标志, 将已知目标的反射率与图像数据进行比较消除大气影响从而达到大气校正的目的。三是利用辅助数据进行大气校正, 主要是利用搭载在同一平台上测量气溶胶和水蒸气浓度的传感器获取这些物质的浓度数据, 利用这些数据进行大气校正。四是波段对比法, 就是以上提到的相对校正方法。前三种方法都需要实测以及实时大气数据参数, 由于这样的数据获取比较困难, 比较理想就是大气校正不需要卫星过境时的实时数据, 仅根据图像本身就能够进行大气校正。

近年来, Chavez 提出的基于图像数据的大气校正方法—修正的暗体减法 (COST 模型) 是其中精度高、常用的一种^[29]。此模型主要分为四个步骤:

1、将各波段的 DN 值转换为遥感器的光谱辐射量;

$$L_{min} = LMIN_{\lambda} + QCAL * (LMAX_{\lambda} + LMIN_{\lambda}) / QCALMAX$$

QCAL 表示每一波段最小值 DN 值, QCALMAX 为 255, LMAX_λ、LMIN_λ 为传感器中某一波段的最小最大光谱辐射量, 指遥感器光谱辐射值的上限和下限, 可以从头文件获取。

2、根据公式计算黑体在波段的辐射量值。

$$L1\%_{\lambda} = 0.01 * ESUN_{\lambda} * \cos^2 \theta / (\pi * D^2)$$

L1% 表示黑体在第 λ 波段的辐射量, θ 代表太阳天顶角, D 代表日地距, ESUN_λ 代表第 λ 波段在大气外平均太阳辐射度, 可以查表得到。

3、消除大气吸收和散射造成的大气影响。

$$L_{haze_{\lambda}} = L_{min_{\lambda}} - L1\%_{\lambda}$$

4、计算地表象元反射率。

$$L_{\lambda} = GAIN_{\lambda} * DN_{\lambda} + BIAS_{\lambda}$$

$$P = \pi * D^2 * (L_{\lambda} - L_{haze_{\lambda}}) / ESUN_{\lambda} * \sin \theta$$

P-地表反射率, D-日地天文单位距离, L_λ-传感器光谱辐射值, 即大气顶层的辐射能量, L_{haze_λ}-大气层辐射值, ESUN-大气顶层的太阳平均光谱辐射, 即大气顶层太阳辐射度, θ-太阳高度角, λ-TM 波段号。D-日地距, 可以通过 USGS 给出的日地距参照表查找:

表 3.2: USGS 给出的日地距参照距离值

日数	距离	日数	距离	日数	距离	日数	距离
1	0.9832	91	0.9993	196	1.0165	288	0.9972
15	0.9836	121	1.0076	213	1.0149	305	0.9925
32	0.9853	135	1.0109	227	1.0128	319	0.9892
46	0.9878	152	1.0140	242	1.0092	335	0.9860
60	0.9909	166	1.0158	258	1.0057	349	0.9843
74	0.9945	182	1.0167	274	1.0011	365	0.9833

在获取反射率影像时需要用到增益 (GAIN) 与偏置 (BIAS) 两个基本参数值, 需要注意的是如果这两个基本参数的发生偏差将会给反射率影像及大气校正带来计算问题, 主要反映在两个基本参数的量纲问题上, 通过查阅相关文献信息^[30], 认为在使用头文件中的增益 (GAIN) 与偏置 (BIAS) 参数时需要对参数的数值运用以下公式进行量纲转换。

$$\text{增益} = (\text{头文件中增益} \cdot 10 / \text{波段宽度}) / 255$$

$$\text{偏置} = (\text{头文件中偏置} \cdot 10 / \text{波段宽度}) / 255$$

表 3.3: 1989 年 7 月大兴地区的 TM 影像参数值 ($\theta = 62^\circ$)

波段号	头文件增益 $mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	头文件偏置 $mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	计算后增益 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$	计算后偏置 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$	ESUN _λ $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$	波段宽度
1	1.05804	-0.0134	0.6002	-1.9143	1957	0.07
2	2.58545	-0.0300	1.2821	-3.75	1826	0.08
3	1.61277	-0.0132	1.0627	-2.2	1554	0.06
4	3.00067	-0.0295	0.8488	-2.1071	1036	0.14
5	0.71070	-0.0093	0.1412	-0.465	215	0.2
7	0.46930	-0.0054	0.0689	-0.2	80.67	0.27

表 3.4: 2007 年 6 月大兴地区的 TM 影像参数值 ($\theta = 65^\circ$)

波段号	头文件增益 $mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	头文件偏置 $mW \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	计算后增益 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$	计算后偏置 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$	ESUN _s $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$	波段宽度
1	1.2688	-0.01	0.7108	-1.4286	1957	0.07
2	2.98126	-0.0232	1.4614	-2.9	1826	0.08
3	1.76186	-0.078	1.1515	-1.3	1554	0.06
4	2.81771	-0.0193	0.7893	-1.3786	1036	0.14
5	0.65277	-0.0080	0.1280	-0.4	215	0.2
7	0.44375	-0.0040	0.06445	-0.1481	80.67	0.27

3.1.3 几何校正

选用的 TM 数据是从中科院遥感地面接受站购买的数据,属于二级产品,仅做过系统级的几何校正处理,因此需要对影像进行几何精校正。首先选用 53 张北京市 1:50000 地形图,将地形图扫描成栅格图像,先对地形图进行分幅纠正,每一幅地形图选取 15 个控制点,误差控制在 0.5 个象元内,然后以地形图为准图像,用来分别纠正轨道号为 123/32 及 123/33 的 TM 遥感影像。

在控制点选取中,挑选影像上比较清晰的及精细的特征点,例如道路的交叉点、山区的山脊等位置。影像共选取约 30 个控制点,均匀分布在影像上,采用二次多项式模型进行图像纠正,运用立方卷积模型进行图像重采样。遥感影像总体误差控制在 0.5 个象元内。下表为 2007 年 TM 影像几何纠正控制点列表。

表 3.5: 2007 年 TM 影像几何纠正控制点

GCPS	基准图 X 坐标	基准图 Y 坐标	待纠图 X 坐标	待纠图 Y 坐标	RMS
1	6644.25	7316.5	7798	8220	0.23
2	2271.75	3694.25	2550.75	3873.75	0.15
3	3616.25	4579	4164	4935	0.75
4	3762.75	7181.25	4341	8057.25	0.57
5	6729.75	5553.5	7901.5	6104.75	0.11
6	6270	8559.75	7348.5	9712.75	0.91
7	1039.25	6922.5	1071.75	7746.5	0.5
8	5036.5	3906.25	5869.52	4127.4	0.75
9	5592.5	5469.5	6536.5	6003.25	0.59
10	2830.5	6535.75	3221.63	7282.6	0.06
11	4718	4719.5	5487.05	5103.35	0.52
12	5259	6380.75	6136.08	7096.98	0.15
13	4203.25	7577	4869.5	8532.25	0.53
14	2032	7507.75	2263.7	8448.54	0.09
15	2755.5	979.25	3131.5	616.75	0.43
16	7284.25	1846.75	8569.25	1657.5	0.49
17	5173.25	1881	6034.34	1698.05	0.16
18	3846.75	2204.25	4441.25	2086	0.34
19	6796	3234.75	7982.16	3322.38	0.17
20	4320.5	3477.25	5011	3613.75	0.84
21	6614.25	1346.25	7765.25	1056.75	0.38
22	1757.75	5015.5	1933.97	5458.56	0.07
23	3329.5	7847	3820.55	8855.81	0.05
24	5236.75	8261	6108.94	9353.05	0.04
25	4301.25	6492.25	4986.74	7230.67	0.04
26	5781.5	7473.25	6762.83	8408.02	0.03
27	3053.75	5440	3489.58	5968.01	0.06
28	4623.25	5705.25	5373.31	6286.49	0.04
29	3818.5	5683.75	4407.43	6260.61	0.01
30	4848.25	7177	5643.03	8052.38	0.01
总误差					0.39

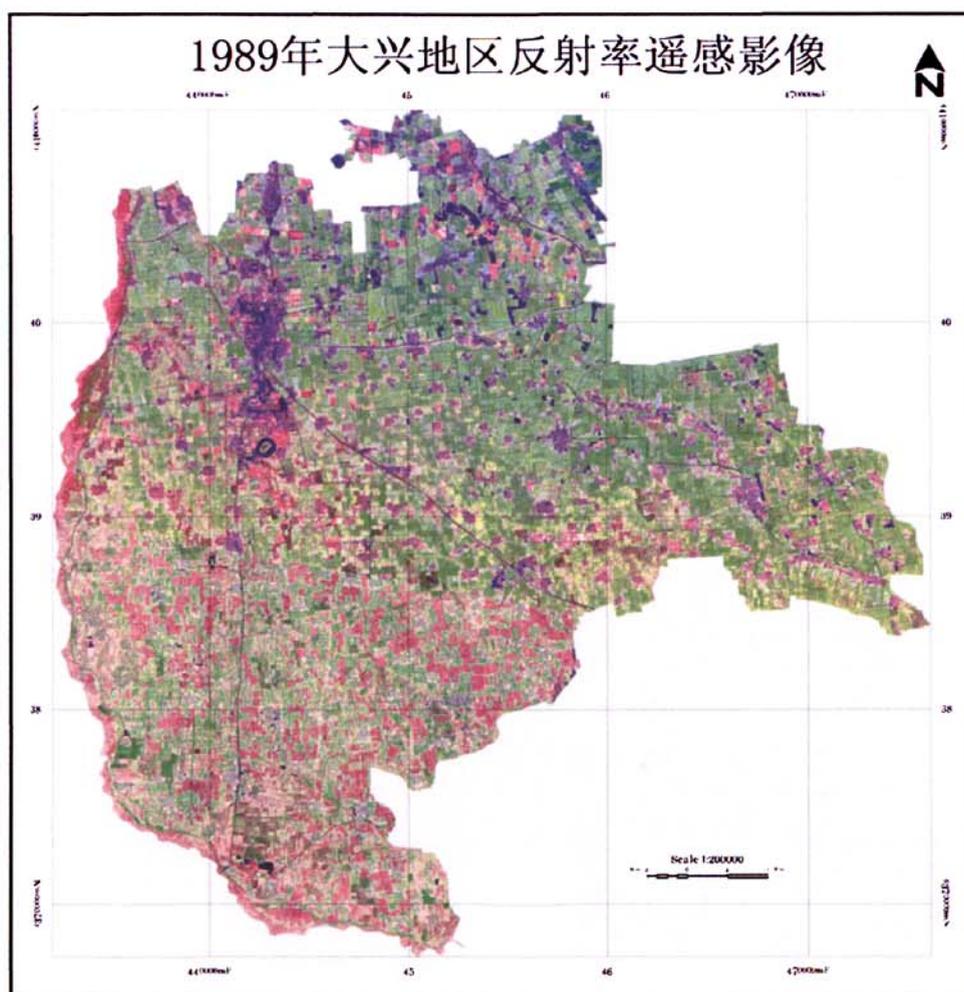


图 3-1 1989 年大兴区预处理后遥感影像

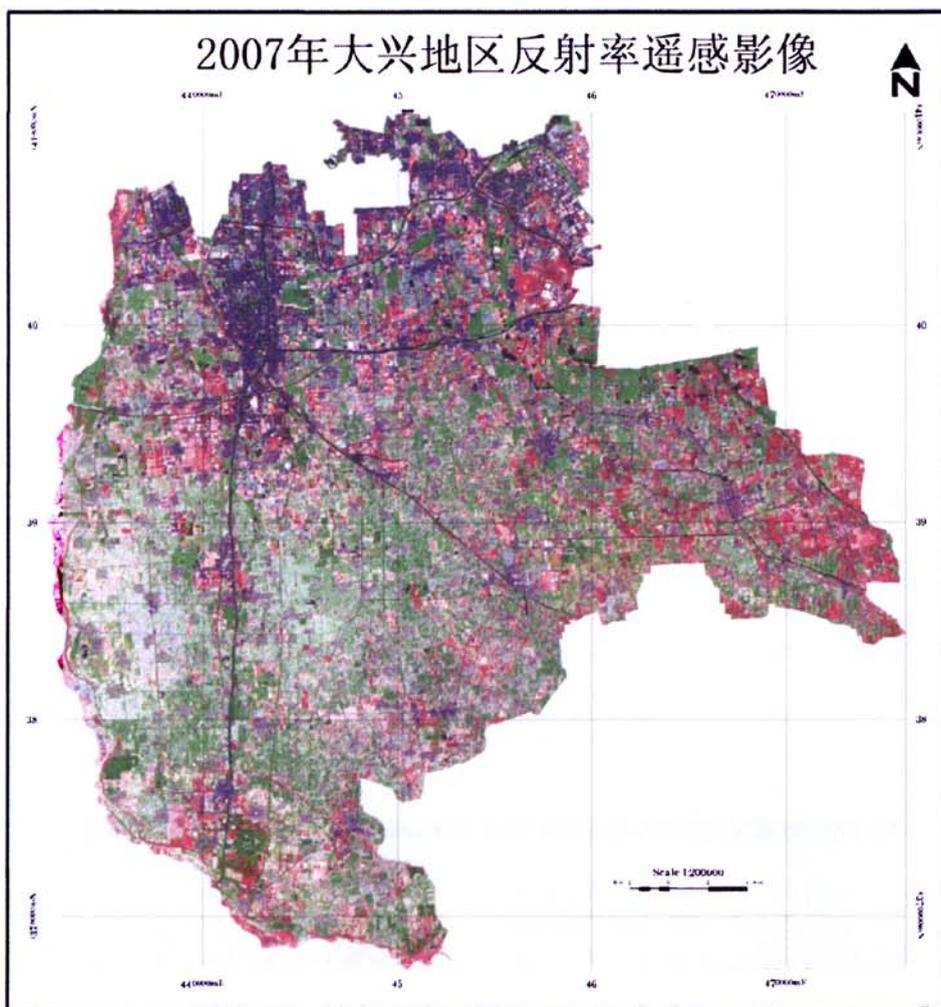


图 3-2 2007 年大兴区预处理后遥感影像

3.2 影像的统计特征分析

影像的统计特征主要包括影像各个波段的最大值、最小值、平均值、标准差和相关系数分析^[31]。

$$\text{标准差公式为: } S = \frac{1}{MN} \sqrt{\sum_m \sum_n (C_{ij} - C_0)^2}$$

上式中, C_{ij} ($i=1, 2, 3, \dots$; $j=1, 2, 3, \dots$) 表示图像中象元值, 图像的矩阵大小是 $M \times N$, C_0 表示影像象元的平均值。

标准差的大小反映了影像各单独波段包含信息量的丰富程度。标准差越大, 波段范围越宽, 波段包含的地物信息越丰富, 地物类型区分的效果越明显。标准差越小, 波段范围越窄, 波段包含的地物信息越少, 地物类型区分的效果不明显。

$$\text{相关系数公式为: } R = \frac{\sum_m \sum_n (C_{mn} - C_0)(D_{mn} - D_0)}{\sqrt{\sum_m \sum_n (C_{mn} - C_0)^2 (D_{mn} - D_0)^2}}$$

上式中, C_{mn} ($i=1, 2, 3, \dots$; $j=1, 2, 3, \dots$)、 D_{mn} ($i=1, 2, 3, \dots$; $j=1, 2, 3, \dots$) 表示两个不同波段的象元值, 图像的矩阵大小是 $M \times N$, C_0 、 D_0 分别表示波段象元的平均值。

各波段间的相关系数矩阵可以直接反映各波段间的相关性。相关系数值高表示各波段间信息冗余度高; 相关系数值低表示各波段间信息独立性较好, 遥感影像能表示更多的信息。

表 3.6: 1989 年大兴地区 TM 影像各波段统计特征

波段	最小值	最大值	平均值	标准差
Band 1	0	0.126	0.018	0.018
Band 2	0	0.210	0.043	0.040
Band 3	0	0.207	0.035	0.034
Band 4	0	0.474	0.131	0.123
Band 5	0	0.314	0.074	0.070
Band 6	0	0.287	0.042	0.042

表 3.7: 2007 年大兴地区 TM 影像各波段统计特征

波段	最小值	最大值	平均值	标准差
Band 1	0	0.327	0.074	0.068
Band 2	0	0.712	0.078	0.073
Band 3	0	0.670	0.087	0.083
Band 4	0	0.687	0.122	0.114
Band 5	0	0.534	0.125	0.118
Band 6	0	0.720	0.098	0.097

表 3.8: 1989 年大兴地区 TM 影像各波段相关系数矩阵

相关系数	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
Band 1	1.000	0.960	0.979	0.864	0.970	0.995
Band 2	0.960	1.000	0.992	0.945	0.982	0.953
Band 3	0.979	0.992	1.000	0.904	0.975	0.976
Band 4	0.864	0.945	0.904	1.000	0.950	0.850
Band 5	0.970	0.982	0.975	0.950	1.000	0.968
Band 6	0.995	0.953	0.976	0.850	0.968	1.000

表 3.9: 2007 年大兴地区 TM 影像各波段相关系数矩阵

相关系数	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
Band 1	1.000	0.997	0.989	0.979	0.987	0.966
Band 2	0.997	1.000	0.996	0.973	0.992	0.976
Band 3	0.989	0.996	1.000	0.954	0.992	0.986
Band 4	0.979	0.973	0.954	1.000	0.966	0.922
Band 5	0.987	0.992	0.992	0.966	1.000	0.990
Band 6	0.966	0.976	0.986	0.922	0.990	1.000

由以上研究区域影像统计特征数据可以得出以下结论:

1)、在 1989 年及 2007 年研究区 TM 影像的多个波段中, 标准差最大的波段为 band4 与 band5。1989 年及 2007 年数值分别为 0.123 与 0.07、0.114 与 0.118。

标准差越大,波段范围越宽,波段包含的地物信息越丰富,地物类型区分的效果越明显。目前, TM 影像 band5、band4、band3 的波段组合显示为真彩色影像。因此,此次研究的地物目视识别采用 5、4、3 的真彩色影像波段组合。

2)、在 1989 年及 2007 年研究区 TM 影像的各波段间,相关系数值很高,因此波段间的冗余度高。在此次基于 TM 影像的沙化土地信息提取研究中,要运用 TM 影像的有效维数进行分析。所以在进行沙化土地信息提取之前,要去除影像各波段间的相关性,获取影像的有效维数。具体方法在第四章有详细分析。

第四章 北京大兴区沙化土地信息提取

沙化土地是指由于自然因素以及人为因素形成的以沙物质地表为主要标志的退化土地^[32]。北京市沙化土地主要是由永定河、潮白河、温榆河等河流冲击而成。大兴地区属于北京的平原地带，区域内分布着北京市面积最大的风蚀沙化土地——永定河沙地。

大兴地区沙地形成的直接原因主要有两种：第一，永定河在山区往平原流动时水势很急，冲刷时携带了大量的泥沙。进入平原地区后，河水冲刷能力减弱，大量的泥沙、砾石沉积在河底，使河床不断加高。洪水汛期，河水携带沉积在河底泥沙扩散到两岸附近的地区。汛期后，这些地区就出现了许多流沙堆积，成为了现在大兴地区的风沙之源。第二，永定河的下游经常因洪水而改道，在大兴区永定河就留下了许多大小不一的古河道。当永定河改道后，原先的古河道逐渐干涸，河道中的泥沙裸露，也成为风沙之源。长期在风沙活动的作用下，便形成了流动的沙丘和流沙带^[33]。

大兴地区的沙化土地主要是河滩、沙质潮土、沙砾质等土壤类型。大兴地区的沙化土地的种类有裸露沙地、沙化耕地、沙化林地及沙化草地。

表 4.1: 沙化土地的类型划分

沙化土地类型	定义标准
沙化耕地	经常受到风蚀危害，土壤质地为壤沙土、砂质土、砂土的耕地。农作物产量低而部稳定。在大兴地区主要为旱地。
沙化林地	植被覆盖度小于 70% 的林地；林地区域土壤质地为壤沙土、砂质土、砂土的人工种植的防护林地及灌木林。
沙化草地	植被覆盖度小于 70% 草地；草地区域土壤质地为壤沙土、砂质土、砂土。
裸露沙地	土壤表层为裸露沙地、基本无植被。大兴地区主要为滩地，分布在永定河。

沙化土地信息提取主要是为了研究大兴地区沙化土地的分布位置、分布数量。一些学者利用线性光谱分离技术方法进行沙化土地信息提取^[34]，并且取得了较好的效果。因此，本研究利用线性光谱分离技术对 1989 年及 2007 年的 TM

遥感影像进行沙化土地信息提取。

4.1 线性光谱分离技术

4.1.1 模型原理

遥感影像上的像元是地表一定范围内地物光谱信号特征的综合反映，图像中每个象元所对应的地表，包含了不同覆被的类型，他们有着不同光谱信号特征。然而，如果该象元包含仅有一种地类，光谱特征信号只有一种，这样的象元归为“纯净象元”，但是由于遥感影像分辨率的因素，该象元包含不止一种土地覆盖类型，因此它记录的是多种地类光谱信号的综合反映，这样的象元被称为“混和象元”。

混和象元的存在，是传统的象元级遥感分类和面积量测精度难以达到使用要求的主要原因。为了提高遥感应用精度，就必须解决混和象元的分解问题，使遥感应用由象元级达到亚象元级，进入象元内部，将混和象元分解为不同的“终端单元”，并且求得这些基本组分所占的比例^[27]。国内外学者研究和多种光谱混和分解方法提出了许多混合光谱分解模型，例如线性模型、几何光学模型、随机几何模型、概率模型以及模糊模型。其中线性光谱混合模型（LSMM）是混合象元的常用方法，也是比较成熟的一种方法。其定义为：像元的光谱亮度值是由构成像元的基本组分(endmember)的光谱亮度值以其所占像元面积比例为系数的线性组合。如下图所示：

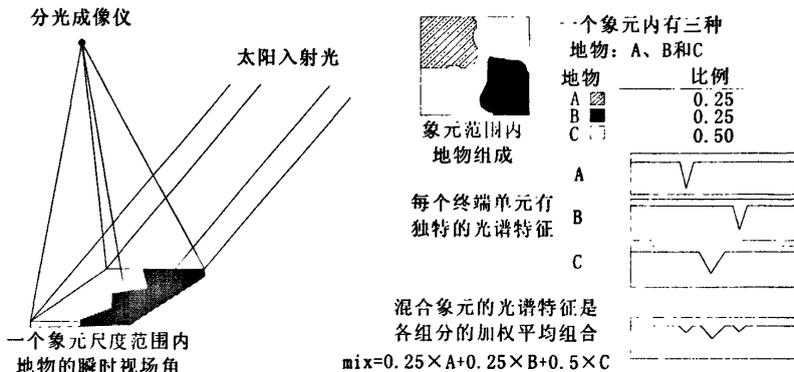


图4-1 线性光谱混合模型示意图（据ENVI 4.2帮助文档和Constandinos^①）

^① Constandinos Theophilides. Assessing the Linear Spectral Unmixing Approach in a variable topography environment. In: <http://everest.hunter.cuny.edu/~ctheo/RS>

线性光谱混合模型 (LSMM) 可用下式表达:

$$R_{i\lambda} = \sum_{k=1}^n f_{ki} C_{k\lambda} + \varepsilon_{i\lambda}$$

$$\sum_{k=1}^n f_{ki} = 1 \quad (k=1, 2, 3 \dots n)$$

$$RMS = \left| \sum_{k=1}^n (\varepsilon_{i\lambda})^2 / n \right|^{1/2}$$

其中:

$R_{i\lambda}$: 第 λ 波段第 i 像元的光谱亮度值;

N : 基本组分的数目, m 为波段数, 需满足 $n \leq m+1$;

F_{ki} : 对应 i 像元的第 k 个基本组分所占的分量值;

$C_{k\lambda}$: 第 k 个基本组分所在 λ 波段的光谱亮度值;

$\varepsilon_{i\lambda}$: 第 λ 波段第 i 个像元对应的误差值;

RMS: 均方根误差。

线性光谱混合模型常采用最小二乘法的方法进行计算, 其公式为:

$$\hat{f} = (M^T M)^{-1} M^T X$$

其中: \hat{f} 为基本组分量矢量, M 为基本组分在不同波段反射率矢量, X 为所有像元在相应波段的反射率, 上标 T 与 -1 分别为表示转置矩阵和逆矩阵。

在应用线性光谱混合模型分析时, 基本组分选择的好坏是决定线性混合像元分解的关键。通常采用以下标准来衡量和评价基本组分选择的好坏:

- (1) 剩余误差 RMS 应当尽可能的小;
- (2) 像元分解后的分量值应当满足 $0 \leq F_{ki} \leq 1$;
- (3) 基本组分(终端端元)应当具有代表性, 是影像所对应区域内的大多数像元的一个有效组成成分。

4.1.2 技术流程

混和象元线性光谱分离主要是利用 ENVI 4.2 的 SPECTRAL 模块及 TRANSFORM 模块进行操作, 主要过程包括主成分变换 (PCA)、二维散点图的建立、终端端元选取、线性光谱分离及结果验证。

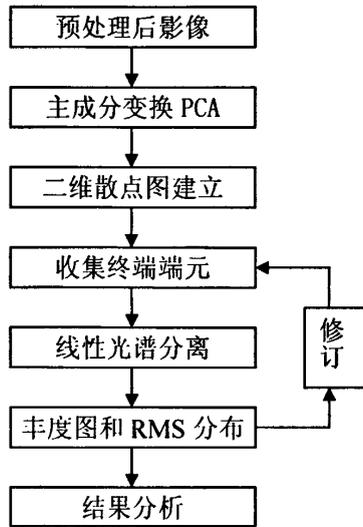


图 4-2 线性光谱分离技术流程图

我们选取主成分分析对影像进行处理，去相关性，降低数据量，分离噪声，用于计算数据的有效维数。二维散点图主要提供图像数据两个重要成分波段的交互式选取感兴趣区，在多边形散点图的顶点以及边缘地区分布了一些纯净象元，因此可以在第一主分量和第二主分量组合的二维散点图中，对坐标空间里的多边形顶点处选取终端端元。

线性光谱分离。利用上面分离出的终端单元，进行线性光谱分离处理，得到各终端单元所代表地物丰度图和RMS(root mean square)的空间分布图。

4.1.3 终端端元确定

线性光谱分离技术成功的关键在于终端端元的选取确定，终端端元选取方法有多种，例如第一、通过实地测量地物光谱值确定终端端元；第二、利用MNF变换后影像进行纯净象元指数(PPI)识别纯净象元^[39]，通过N维可视化器观测纯净象元分布进行手动选取；第三、通过对影像实地考察，运用手动目视选取纯净象元建立终端端元成分；第四、通过主成分变换，减少维数，去除相关性，建立二维散点分布图，手动选取坐标内多边形顶点及边缘的象元作为终端端元。大部分的混和象元分解都采用的从影像本身获取纯净象元来建立终端端元，这主要因为方法实施可行性较高，不需要大量的野外光谱测量工作。我们选取第四种方法进行终端端元的选取。

在波段的选择上，我们选取了除TM6之外的六个波段进行线性混和象元的分解。由于城镇用地是在部分区域分布，并且城镇用地成分比较复杂，地物反射率光谱值并不是单一类型，城镇用地不能作为有效的终端端元的选取。因此，我们运用阈值法分割，将影像上面城镇用地进行去除，生成了不包含城镇用地的6个波段的TM影像。

进行线性光谱分离混和象元时各波段数据不能高度相关，在第三章中对LANDSAT5TM影像进行了统计特征分析，以上表明，LANDSAT5TM影像各波段间的相关系数很高，基本都达到0.9以上，波段间是高度相关的，因此需要运用一种方法将高度相关的多波段数据生成互不相关的数据。目前，有一些技术用来处理这方面的问题，例如最小噪声变换（Minimum Noise Fraction）^[36]与主成分分析（Principle Components Analysis）^[36]。使用主成分分析方法可以去除相关性，用于隔离噪声和减少数据集的维数。该方法寻找一个原点在数据均值的新的坐标系，通过坐标轴的旋转来使数据的方差达到最大，从而生成互不相关的输出波段。

通过对影像进行PCA变换后，从下表的特征值及方差贡献率可以看出1989年及2007年第一主成分包含了最大的数据方差贡献率分别占到96.653%和97.761%，第二主成分包含的方差贡献率分别占到3.088%和1.857%，其余的成分包含了较少的信息，主要反映为噪声，因此前两个波段就包含了影像6个波段的大部分信息，较好的压缩了原始数据的维数。从PCA变换后的相关性统计特征表可以看出，影像的相关性得到了很好的消除。

表 4.2: 1989 年及 2007 年 PCA 变换后的 TM 影像相关矩阵统计

相关矩阵	PCA1	PCA2	PCA3
PCA1	1	0	0
PCA2	0	1	0
PCA3	0	0	1

表 4.3: 1989 年 TM 影像 PCA 变换后统计特征值及方差贡献率

PCA 波段	特征值	方差贡献率
1	0.02426	96.653%
2	0.000775	3.088%
3	0.000051	0.203%
4	0.000011	0.044%
5	0.000002	0.008%
6	0.000001	0.004%

表 4.4: 2007 年 TM 影像 PCA 变换后统计特征值及方差贡献率

PCA 波段	特征值	方差贡献率
1	0.051573	97.761%
2	0.00098	1.857%
3	0.000155	0.294%
4	0.000027	0.051%
5	0.000016	0.03%
6	0.000003	0.006%

终端端元的选取应该具有代表性,应该符合影像区域大多数象元的一个有效组成成分,是区域中主要的地类。由于选取的遥感影像都是处于植被茂盛时期,夏季比较潮湿并且该地区有坑塘,大兴地区又具有部分沙化土地,因此经过实地调查后初步确认沙地、水及农田为终端端元。

通过分别对1989年、2007年的PC1和PC2主成分建立二维散点图(如图),在多边形的顶端处运用人机交互式方法选取了初步确定的三类端元的纯净象元。我们将上述的三种地类作为终端端元进行线性光谱分离后,发现RMS的误差较大。这说明这三种端元不能完全代表该地区的典型地物分类,需要进行端元选取的修订。经过多次对二维散点图中多边形顶部位置及边缘选取纯净象元,参照影像的显示以及相关图件,且像元分解后的分量值满足 $0 \leq F_{ki} \leq 1$ 、RMS最小的原则下,最终确定了1989年该地区的终端端元为沙化土地、水、植被1(农田)及植被2

(农田)。出现两种农田作为终端端元的原因是不同种类的农作物光谱反射率不同。2007年该地区的终端端元为沙化土地、水、植被1(林草地)及植被2(农田)。

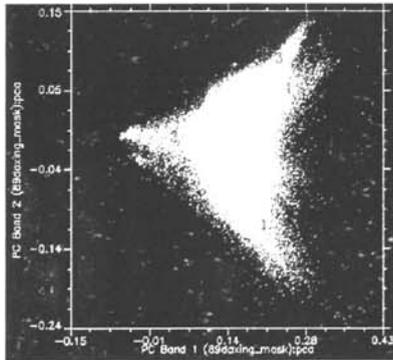


图 4-3 1989 年 PCA1 与 PCA2 散点图
1—沙化土地；2—水分量；
3—农田（1）；4—农田（2）；

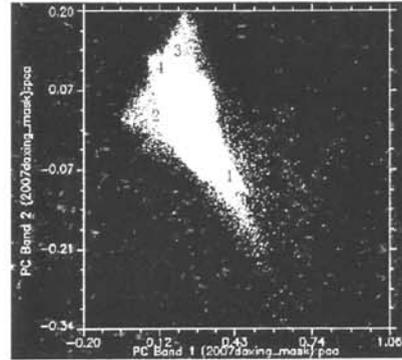


图 4-4 2007 年 PCA1 与 PCA2 散点图
1—沙化土地；2—水分量；
3—农田； 4—林地；

通过在二维散点图多边形顶端处选取20个样本点作为终端端元，并且以样本的均值作为终端端元在各个波段的反射率光谱取值。

表 4.5：1989 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值表

类型	band1	Band2	band3	band 4	band 5	band 7
沙地	0.09341	0.123086	0.130551	0.227136	0.239946	0.214085
水	0.004168	0.066713	0.049624	0.069075	0.018383	0.009235
农田 1	0.027984	0.069714	0.047234	0.430419	0.124745	0.043681
农田 2	0.03285	0.082297	0.054126	0.421113	0.183063	0.075074

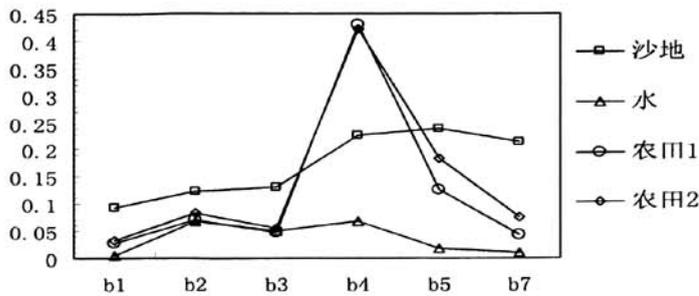


图 4-5 1989 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值图

表 4.6: 2007 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值表

类型	band1	Band2	band3	band 4	band 5	band 7
沙化土地	0.164731	0.196197	0.245397	0.254442	0.35169	0.326262
水	0.113282	0.109066	0.099599	0.111309	0.076388	0.054261
农田地	0.111828	0.109261	0.095939	0.355285	0.193046	0.087815
林草地	0.106621	0.097041	0.086777	0.246779	0.131371	0.065578

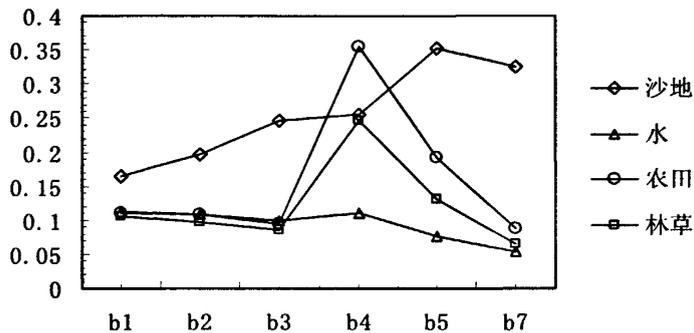


图 4-6 2007 年 LSMM 分析的终端端元各波段反射率取值图

4.1.4 LSMM 分解结果

终端端元的类型、数量、取值确定后，利用线性混和光谱模型分别对1989年和2007年的图像数据进行了混和象元的分解。

1989年分解结果：分为沙化土地、水、植被1（农田）及植被2（农田）四幅基本组分的丰度图。

(1) 沙化土地主要分布在永定河及大兴地区南部，沙化土地面积占区域总面积的17.877%。

(2) 植被1（农田）及植被2（农田）面积占区域总面积的59.984%。分量图的亮度区主要分布在东部和北部，南部也有少量分布。由于遥感影像均处于夏季，旱地与林地长势旺盛，植被面积分布面积较广。

(3) 水分量面积占区域总面积的9.679%，水分量主要分布在东北部，主要原因是该区域分布了较多的坑塘水面及河流水面；由于夏季湿度较大，在其他区域也有部分水量分布。

2007年分解结果：主要为沙化土地、水、植被1（林地）及植被2（农田）四幅基本组分的丰度图。

(1) 沙化土地主要分布在永定河流域地区，与1989年沙化土地基本组分丰度图相比，整体亮度有明显降低，分布范围也有明显减少（如下图所示）。2007年沙化土地面积占区域总面积的13.668%，主要分布在永定河周边。

(2) 水分量仍然分布在东北部地区，目前在东北地区主要分布了一些坑塘水面。其他区域也有少量分布，主要因为夏季湿度较大。

(3) 其中一种植被覆盖为林地，也可以认为是沙生植被。2007年林地能够作为一类终端端元参与影像的线性光谱分离，说明2007年林地的面积比1989年林地面积有较大幅度的增加。主要原因是：近年来政府在防沙治沙的政策实施中进行了大面积的植树造林，从而增加了大兴地区的林地覆盖。2007年林地覆盖面积占区域总面积的10.049%。

(4) 另一种植被覆盖为农田植被，2007年影像仍然是夏季的遥感影像，农田植被长势茂盛。2007年农田植被分量覆盖面积占区域总面积的45.627%。

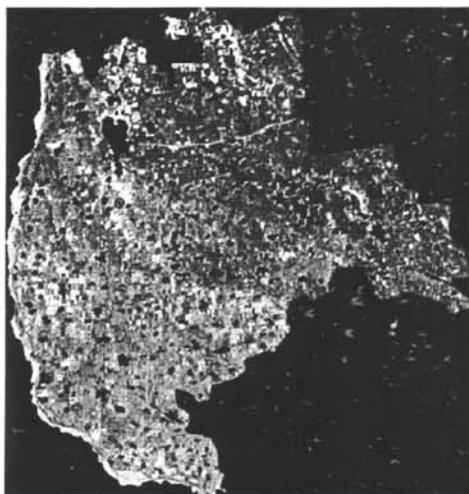


图 4-7 1989 年沙化土地分量图

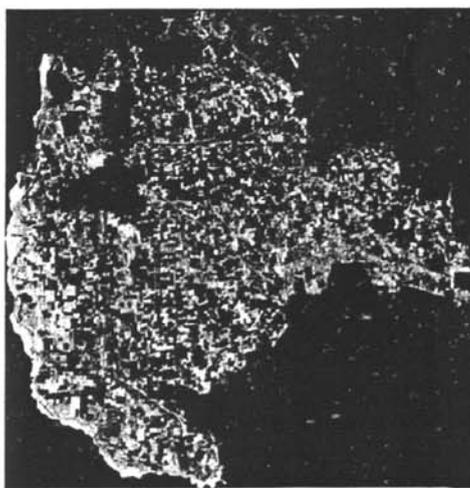


图 4-8 2007 年沙化土地分量图

表 4.7: 1989 年与 2007 年大兴地区线性光谱分离结果 (单位: km²)

类型	沙化土地	水分量	植被 1(农田)	植被 2(农田)	城镇用地(阈值法提取)
1989 年面积	187.231	101.372	243.72	384.5	130.503
百分比	17.877%	9.679%	23.271%	36.713%	12.461%
类型	沙化土地	水分量	植被 1(农田)	植被 2(林草)	城镇用地(阈值法提取)
2007 年面积	143.145	71.816	477.86	105.242	249.263
百分比	13.668%	6.857%	45.627%	10.049%	23.800%

总而言之, 1989年与2007年相比, 沙化土地面积呈现减少趋势, 与北京市林业勘察设计院调查监测结果趋势一致。混和象元线性光谱分离的沙化土地减少的面积为44.086平方千米。沙化土地的主要分布位置是大兴地区的西部及西南部, 林地覆盖面积有明显增加的趋势, 增加的位置位于永定河河滩地上及周边。

4.2 线性光谱分离技术适用性评价

4.2.1 与穗帽变换对比分析

(1) 原理:

穗帽变换(TC)是指在多维光谱空间中, 通过线性变换、多维空间的旋转, 将植物、土壤信息投影到多维空间的一个平面上, 在这个平面上使植被生长状况的时间轨迹(光谱图形)和土壤亮度轴相互垂直^[27]。将土壤与植被地物的亮度值投影到N维的光谱特征空间时, 总是形成一个形似“穗帽”的范围内。其中, 各种土壤地物特征点的分布比较集中在“帽”低, 植被地物特征点的分布比较集中在“帽”的空间中^[38]。因此, 穗帽变换能有效的分离土壤与植被的光谱特征, 也是一种较成熟的信息提取方法。

对于TM而言, 6个波段数据具有丰富的信息, 经过穗帽变换后的第一分量

(TC1)表示“土壤的亮度”，反映土壤的光谱信息。第二分量(TC2)表示“植被绿度”，反映植被光谱信息。第三分量(TC3)表示“湿度特征”，反映土壤的湿度信息

TM的三个分量可以表示为^[39]：

$$BI=0.2909TM1+0.2493TM2+0.4806TM3+0.5568TM4+0.4438TM5+0.1706TM7$$

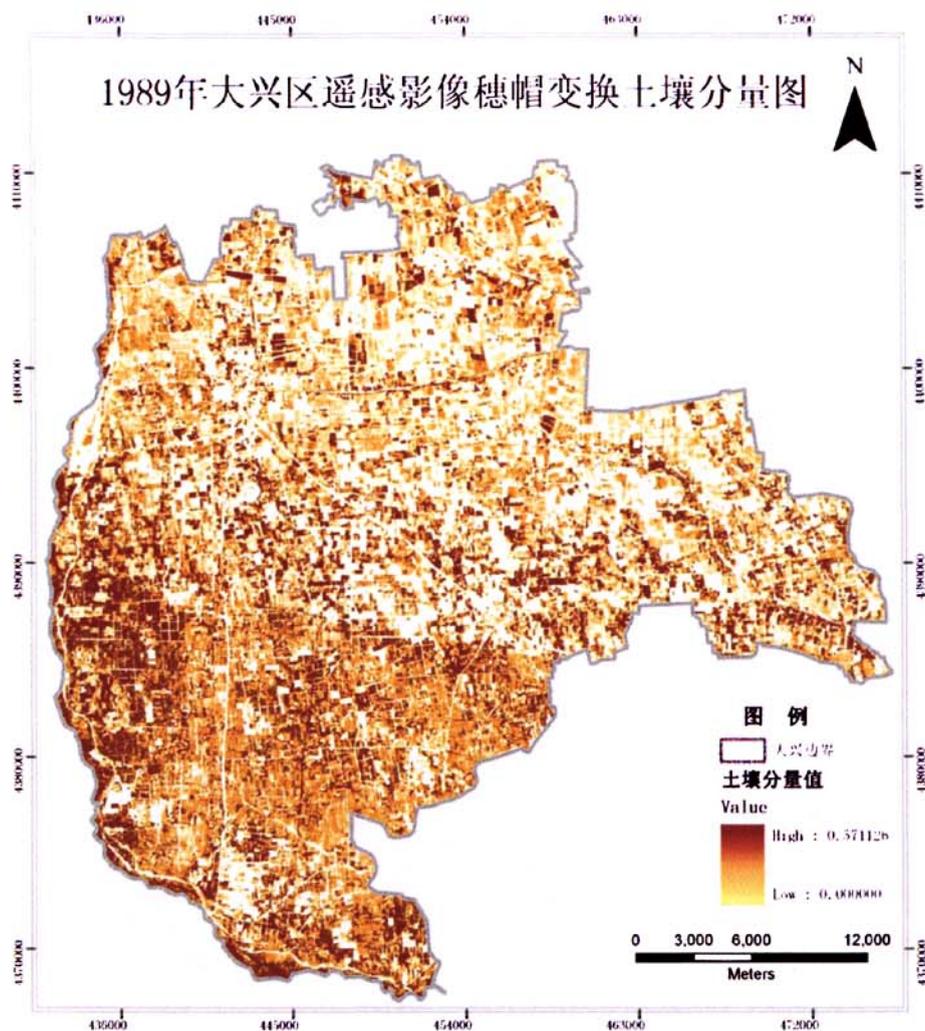
$$GVI=-0.2728TM1-0.2174TM2-0.5508TM3+0.7721TM4+0.0733TM5-0.1648TM7$$

$$WI=0.1446TM1+0.1761TM2+0.3322TM3+0.3396TM4-0.6210TM5-0.4186TM7$$

(2) 对比分析

由于1989年及2007年的遥感影像都属于夏季遥感影像，植被生长茂盛，裸露的土壤信息主要是沙化土地。TC1提取出的土壤分量主要为沙化土地信息。穗帽变换后的TC1分量图(见下图4-9,图4-10)中色度越深表明沙化土地信息越大，面积越大。因此，TC1提取出的沙化分量与混和象元线性光谱分离的沙化分量具有可比性，我们将对二者进行相关分析。

为了使取样地具有代表性，在研究区域上建立500米*500米的网格(见图4-17,4-18)，选取具有代表性的采样地网格，共计368个样地网格。运用ARCGIS的空间分析功能获取样地网格中心点。并且获取位于该中心点的TC1沙化分量图与混和象元线性光谱分离的沙化分量图的象元值。然后对TC1沙化分量图的象元值与混和象元线性光谱分离的沙化分量图的象元值进行相关分析，结果如下(见下图4-10,4-11)：



(注：色度越深表明沙化土地信息越大)

图4-9 1989年大兴区遥感影像穗帽变换土壤分量

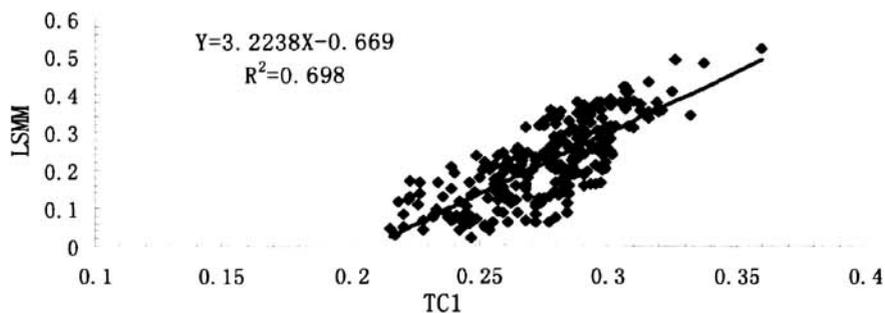
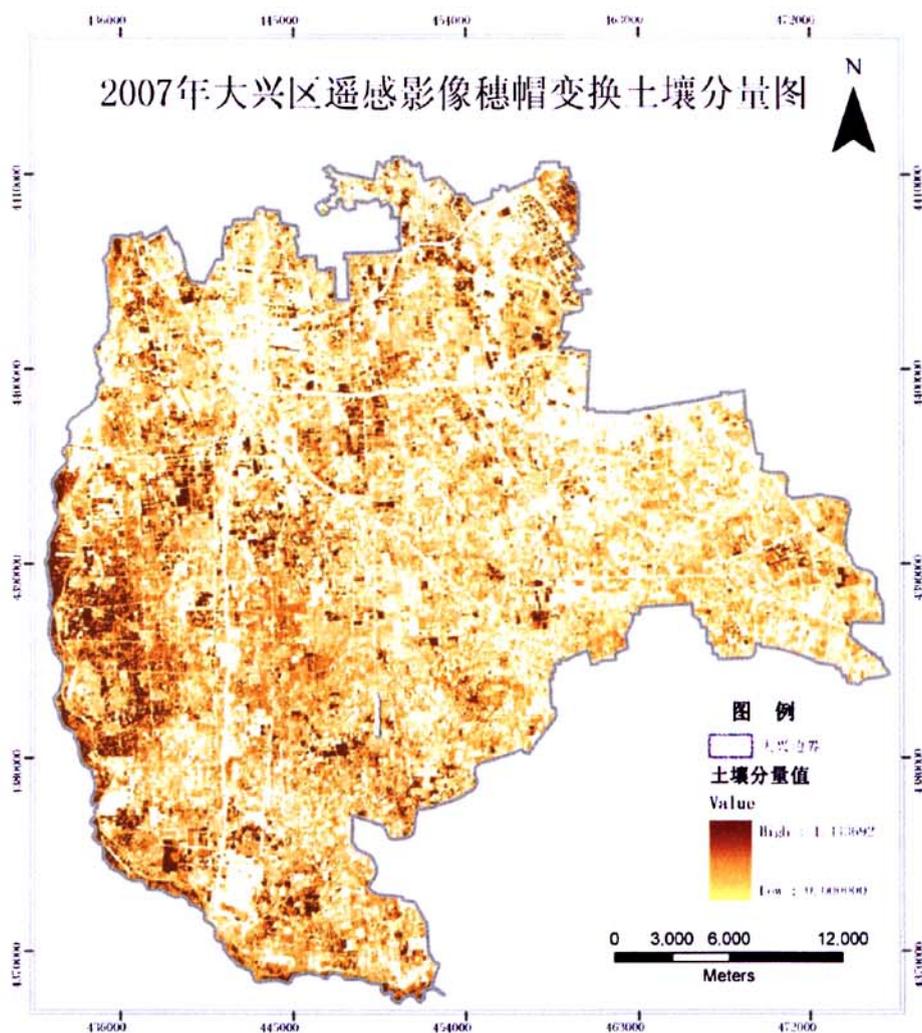


图4-10 1989年大兴区线性光谱分离沙化土地与穗帽变换沙化土地相关关系



(注：色度越深表明沙化土地信息越大)

图4-11 2007年大兴区遥感影像穗帽变换土壤分量图

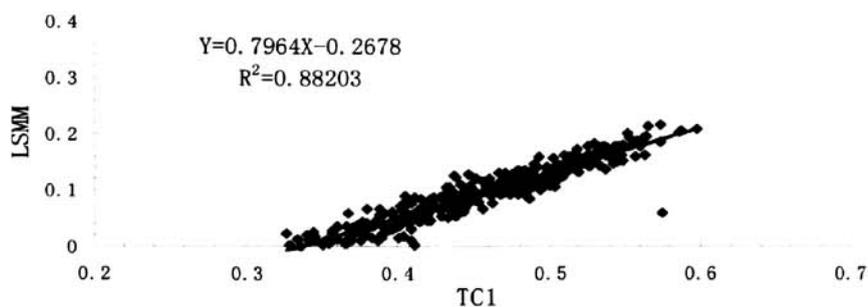


图4-12 2007年大兴区线性光谱分离沙化土地与穗帽变换沙化土地相关关系

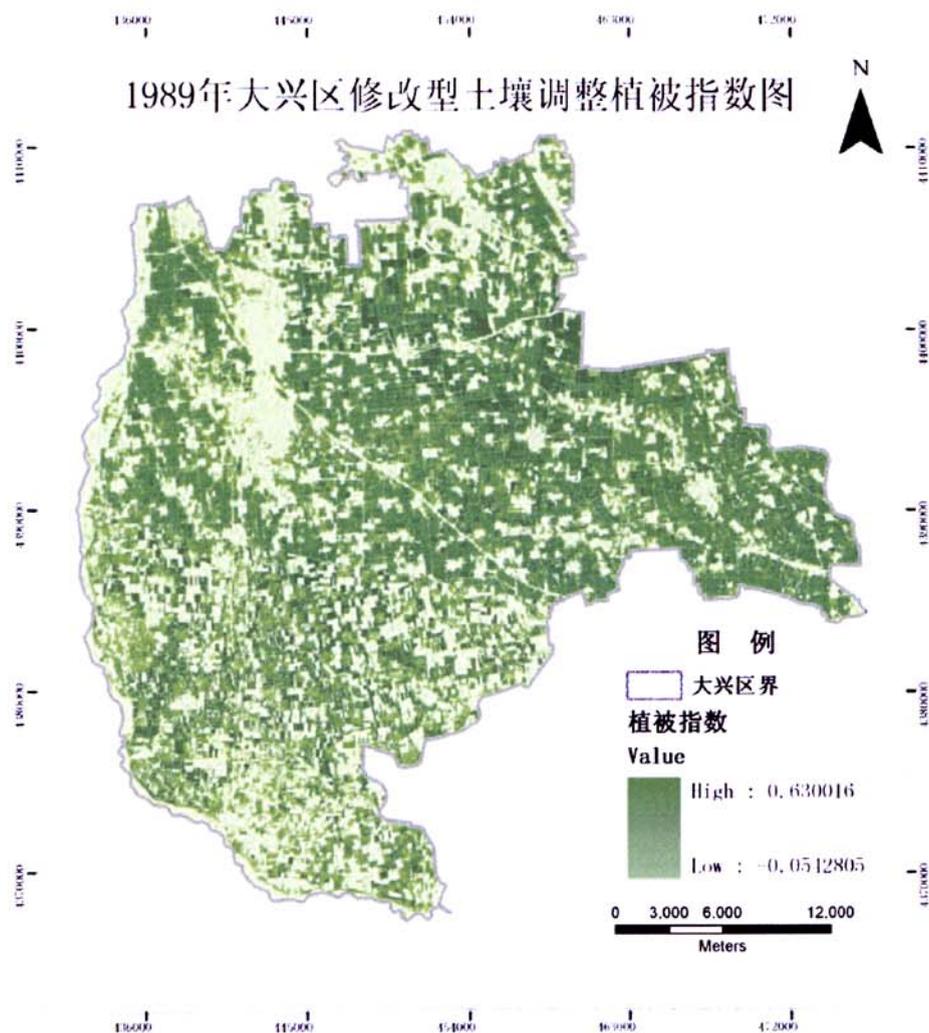
从上图中可以看出, 1989年与2007年线性光谱分离沙化土地分量与穗帽变换沙化土地分量二者的相关系数分别达到0.698和0.88203, 表明利用混和象元线性光谱分离的沙化土地分量与穗帽变换TC1的沙化土地分量有较好的相关性。充分说明了本研究中采用混和象元线性光谱分离方法进行沙化土地信息提取具有可行性。与穗帽变换对比分析, 线性光谱分离技术更有优势。线性光谱分离出的沙化土地是能够定量面积。然而穗帽变换土壤分量仅仅能够表明土壤亮度信息, 不能定量计算。

4.2.2 与修改型土壤调整植被指数对比分析

在植被遥感研究中, 相继有一些植被指数提出, 其中包括比值植被指数RVI、应用广泛的归一化植被指数NDVI、差值植被指数DVI、修改型土壤调整植被指数MSAVI等。然而, 比值植被指数RVI、归一化植被指数NDVI、差值植被指数DVI受到土壤背景影响较大, 对土壤背景的变化敏感, 因此在探测土地沙化的植被指数中适宜采用对土壤背景做适当调整的修改型土壤调整植被指数MSAVI。修改型土壤调整植被指数MSAVI能够更加准确的反映研究区域植被的真实状况。MSAVI表达式为:

$$MSAVI = (2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)}) / 2$$

在修改型土壤调整植被指数MSAVI图中(见图4-13, 4-15)色度越深表明植被覆盖度越高。修改型土壤调整植被指数MSAVI可以准确的反映土地沙化地区的植被情况, 因此可以将混和象元线性光谱分离的植被信息与MSAVI提取的植被信息进行对比分析。在混和象元线性光谱分离结果中将两种植被类型相加的和作为植被信息, 而MSAVI可以运用直接提取的象元值表示。与穗帽变换对比分析相同, 通过在研究区域上建立500米*500米的网格, 选取具有代表性的取样地, 运用ARCGIS的空间分析功能获取样地网格中心点。通过中心点获取线性光谱分离的植被分量及MSAVI提取的植被信息的象元DN值。



(注：色度越深表明植被覆盖度越高)

图 4-13 1989 大兴区修改型土壤调整植被指数图

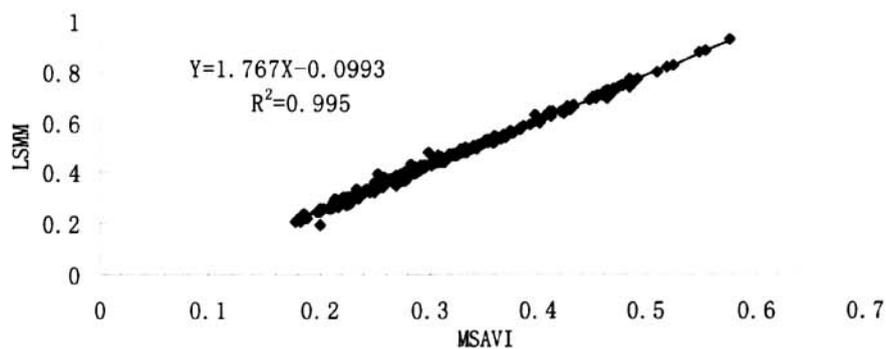
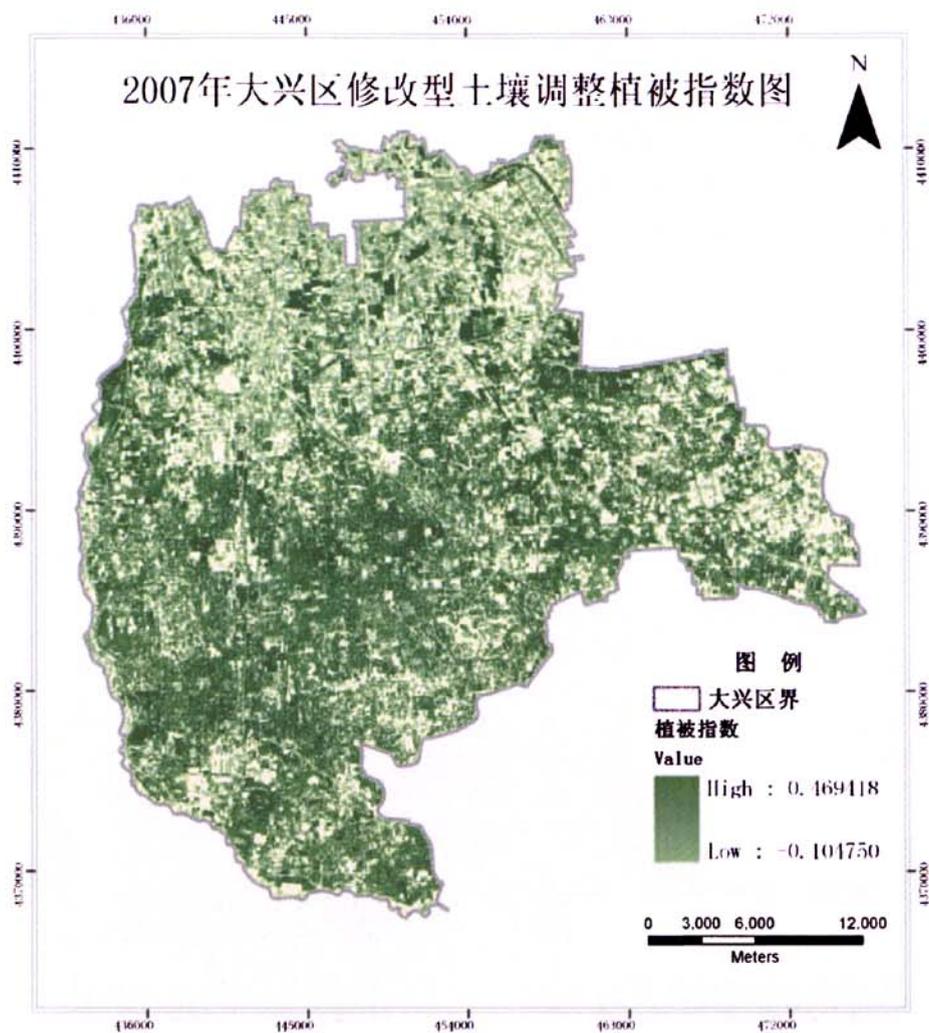


图 4-14 1989 线性光谱分离植被分量与 MSAVI 相关关系



(注：色度越深表明植被覆盖度越高)

图4-15 1989大兴区修改型土壤调整植被指数图

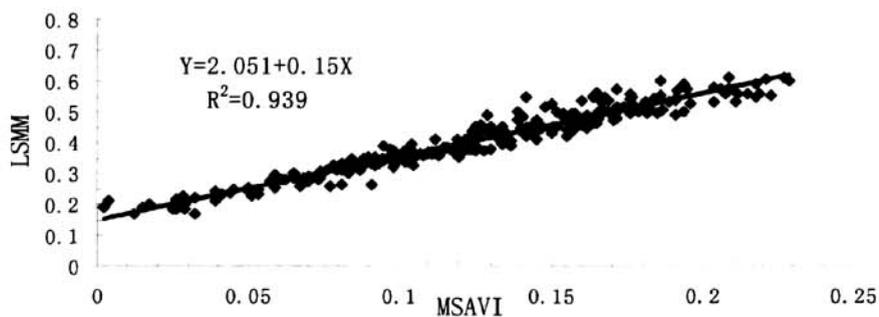


图4-16 1989线性光谱分离植被分量与MSAVI相关关系

从上图中可以看出, 1989年与2007年光谱分离植被分量与MSAVI二者的相关系数分别达到0.995和0.939, 表明利用混和象元线性光谱分离的植被分量与MSAVI提取的植被信息有很好的相关性。充分说明了本研究中采用混和象元线性光谱分离方法提取的植被信息是可行的, 有效的反映了研究区域内的植被信息。与MSAVI对比分析, 虽然MSAVI提取植被信息时减少了土壤背景的影响, 但是MSAVI提取植被信息只能是定性的分析。然而线性光谱分离技术不仅能够有效的提取出植被的信息, 同时也能够提取出不同类型的植被信息及定量分布。因此, 线性光谱分离技术在信息提取方面更有优势。

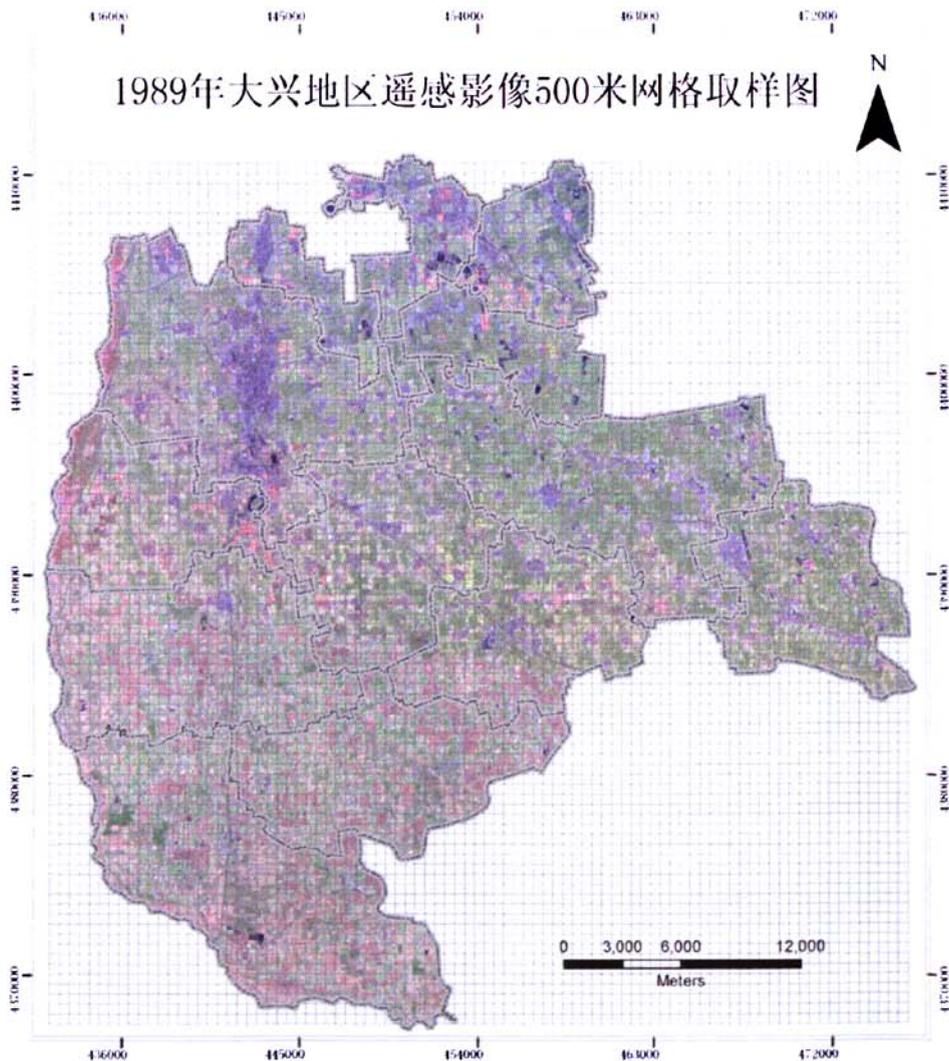


图4-17 1989年大兴区遥感影像500米取样图

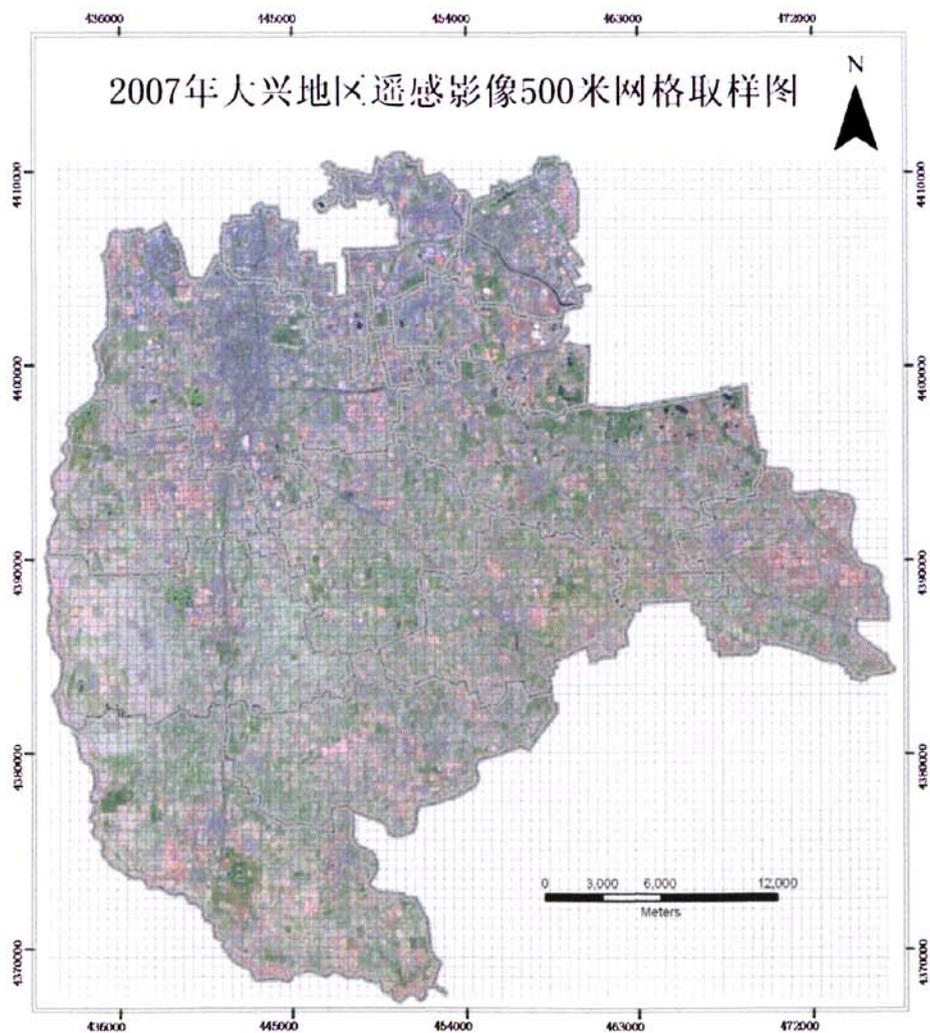


图4-18 2007年大兴区遥感影像500米取样图

4.3 精度验证

误差矩阵是遥感信息提取精度误差计算的常用方法,尤其是根据误差矩阵计算总体精度误差。总体分类精度等于被正确分类的象元总和除以总象元数^[40],表述的是对随机样本与真实地表类型相一致的概率。此次研究利用二维散点图建立的纯净象元图斑,建立线性光谱分离技术分类的感兴趣。2007年的精度评价运用实地调查地面资料建立的地表真实感兴趣与二维散点图建立的地类进行混淆矩阵统计。1989年的精度评价运用土地利用图以及目视交互式选取地表真实地类,与二维散点图建立的地类进行混淆矩阵统计。

本文在ENVI软件的Confusion Matrix命令的支持下,统计分类影像的总体分类精度。具体结果如下表所示:

表4.8: 1989年基于线性光谱分离技术的分类混淆矩阵

分类类别	沙化土地	植被1 (农田)	植被2 (农田)	水	总和
沙化土地	267	24	25	0	316
植被1 (农田)	0	262	46	0	308
植被2 (农田)	0	45	220	0	265
水	0	18	7	121	146
总体精度	84.05%				

表4.9: 2007年基于线性光谱分离技术的分类混淆矩阵

分类类别	沙化土地	植被1 (农田)	植被2 (林草)	水	总和
沙化土地	220	30	36	0	286
植被1 (农田)	0	194	55	0	249
植被2 (林草)	10	27	112	0	149
水	0	16	10	111	137
总体精度	77.58%				

从上表所示,1989年与2007年利用线性光谱分离技术对大兴地区进行土地覆被分类的总体精度分别为84.05%与77.58%,分类精度较高。

第五章 沙化程度评价与动态分析

通过沙化信息提取可以了解到大兴地区沙化土地的分布位置、数量及变化趋势,以此为基础可以对沙化土地的沙化程度进行评价。研究土地沙化的根本目的在于分析沙化土地的现状,以达到控制、管理及防治土地沙化的目的。

沙化评价也一直是荒漠化及沙化研究的热点问题。目前,荒漠化及沙化评价的方法有以下几种:一种是建立综合评价指标体系的方法对沙化进行评价,需要根据研究者的经验,运用不同的指标进行综合判定来获取沙化土地的等级。这种方法需要大量的数据来分析,并且指标的选取也是具有一定的人为主观性。第二种是运用遥感技术信息提取的指标进行沙化程度评价。目前,随着航天、航空事业的发展,多光谱以及高分辨率的遥感影像资料越来越丰富。所以该方法能够充分利用遥感技术特有的优势,运用遥感影像时序时间长、覆盖范围广等特点。因此,本研究选用了遥感信息评价的方法对大兴区域沙化程度进行研究。

5.1 土地沙化程度评价方法

通过上一章对研究区域进行混和象元线性光谱分离,可以将沙化土地分量提取出来。沙地分量能够更加直接的反映该区域土地沙化程度情况。因此,此次研究以线性光谱分离的沙化土地分量为基础,建立研究区域的土地沙化程度的评价指标。

沙化土地分量图的象元值,主要是表示每一个象元沙化土地分量占整个象元的百分比值。如果比例越高,沙化土地分量占象元面积越大。因此,根据研究区域的实际情况,采用阈值法,按照一定的阈值范围将沙化土地分量分成4个不同的等级,即包括未沙化土地、轻度沙化土地、中度沙化土地以及重度沙化土地。不同程度的土地沙化的描述如下表5.1:

确定了土地沙化程度等级之后,将对沙化土地分量进行沙化程度分类。前人在利用线性光谱分离结果进行土地沙化程度评价也有一些研究^{[16] [24]}。参照他们提出的一些研究思路与方法,结合研究区域的土地利用分布状况及实地考察状况,对研究区域的土地沙化等级进行阈值区间划分。本研究将DN值小于0.3的定为未沙化土地区域, DN值在0.3~0.5区间的为轻度沙化土地, DN值在0.5~0.7之间的为中度沙化土地, DN值大于0.7的区域为重度沙化土地。因此可以通过利用混和象元线性光谱分离的沙化土地分量,实现土地沙化程度分级。

表5.1: 土地沙化程度描述与划分

等级	沙化程度描述	分量值区间
未沙化土地	主要由耕地、林地、草地及建设用地等组成。除建设用地与水面外，植被盖度占60%以上，植被长势良好，未受到风蚀影响。	≤ 0.4
轻度沙化土地	林地覆盖度较低，耕地、草地都受到一定程度的风蚀，地面覆盖壤沙土。植被盖度为50%~60%	(0.4~0.5)
中度沙化土地	林地稀疏，耕地、草地受到强烈侵蚀，地表覆盖粉沙土，植被覆盖为50%~30%	(0.5~0.7)
重度沙化土地	裸露沙地，基本无植被覆盖，植被覆盖小于30%	≥ 0.7

5.2 土地沙化程度评价结果

运用ENVI阈值分析的功能，以及分类后处理分析功能，对研究区域按照以上标准进行土地沙化程度评价，划分四个种类。即包括未沙化土地、轻度沙化土地、中度沙化土地及重度沙化土地。由于在地类等级划分时会出现一些零星斑块，使得地类中间出现“孤岛问题”，并且使图像缺少空间连续性，因此利用ENVI遥感软件中分类后处理的类别集群功能（clump classes）、类别筛选功能（sieve classes）及类别合并功能（combine classes）进行上述问题的处理。在ARCGIS中将不同土地沙化等级赋予不同的颜色，得到1989年、2007年大兴地区沙化土地等级分布图（如图所示）

通过对研究区域沙化土地等级图进行统计，1989年在大兴地区沙化土地面积为203.797平方千米，占全市总面积的19.459%，其中重度沙化土地面积最多，为97.073平方千米，占到全市总面积的9.269%。2007年大兴地区沙化土地面积为160.661平方千米，占到全市总面积的15.340%。其中轻度沙化土地面积最多，面积为97.967，占到全市总面积的9.354%。

1989年与2007年的沙化土地主要分布在永定河流域周边，主要分布位置为大兴地区的西部与南部的榆垓镇。1989年与2007年相比，2007年沙化土地面积总体呈现减少趋势，减少了43.136平方千米。其中，中度沙化土地与重度沙化土地都有大量减少，轻度沙化土地有一定增加。以上现状表明，大兴地区沙化面积减少，

沙化程度有好转的趋势。大兴地区土地沙化的防治取得了显著的成效。

表 5.2: 大兴地区不同沙化土地等级类型面积及动态变化 (单位: km^2)

沙化土地等级	2007 年	占总面积的百分比	1989 年	占总面积的百分比	变化面积
轻度沙化土地	97.967	9.354%	29.876	2.853%	68.091
中度沙化土地	16.887	1.612%	82.848	7.910%	-65.961
重度沙化土地	45.807	4.374%	97.073	9.269%	-51.266
沙化土地总面积	160.661	15.340%	203.797	19.459%	-43.136

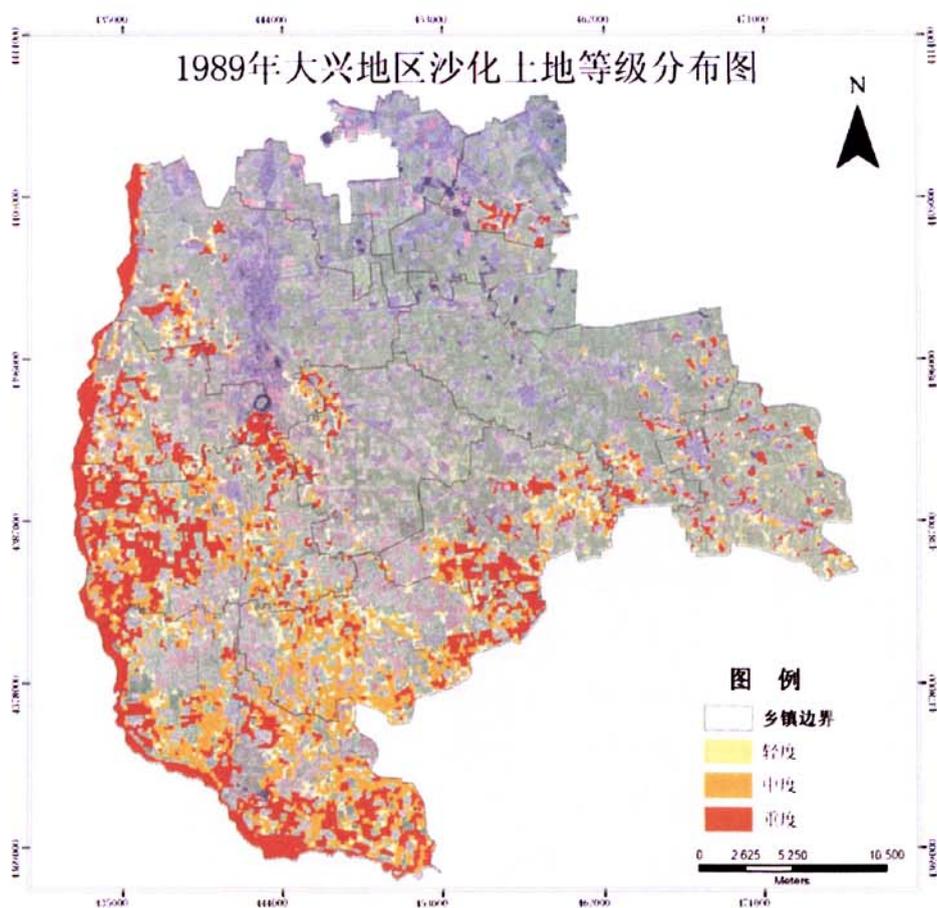


图 5-1 1989 年大兴区沙化土地等级分布图

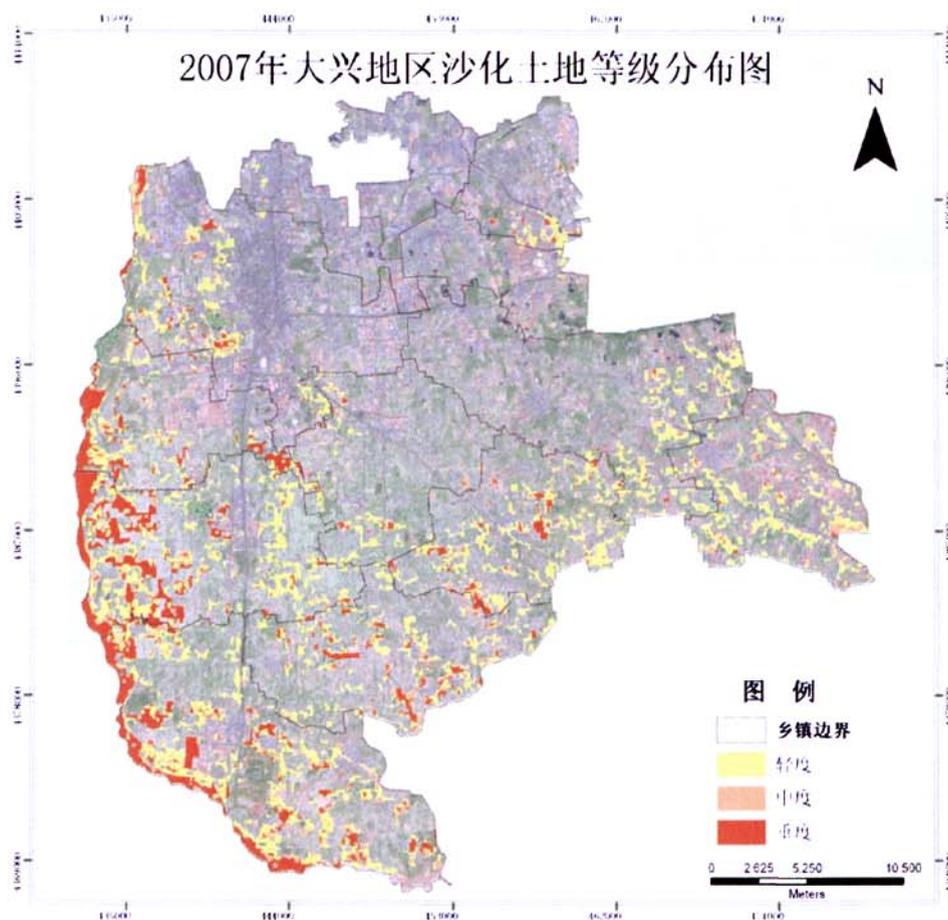


图5-2 2007年大兴区沙化土地等级分布图

5.3 沙化土地动态变化的成因分析

土地沙化是由多种因素综合作用的结果。人为因素与自然因素都对土地沙化的演变有一定的影响作用。沙化土地的变化受到的自然因素有降水与蒸发，土壤质地以及植被条件等影响。然而，土壤与植被条件在很大程度上是受到人类活动影响。然而，土地利用变化是人为影响土地类型最直接的反映，人类开发利用土地会对土壤有不同程度的影响。因此，本研究利用土地利用类型的变化，分析研究区域沙化土地动态变化的成因分析。

5.3.1 土地利用变化分析

不同土地利用方式会给生态环境带来不同程度的影响。不同土地利用方式下土壤性质和土壤风蚀的影响因子明显不同。其中人类不合理的开发利用土地会造成土壤不同程度的侵蚀。合理利用土地，对防沙治沙具有重要意义。因此，土地利用方式是影响土地沙化变化的主要因素之一。

根据研究区域土地利用方式的具体情况，依据国家环保总局发布的(HJ/T192—2006)《生态环境状况评价技术规范(试行)》中土地利用/覆被类型，将大兴地区土地利用类型分为以下几类(如下表)：

土地利用数据分别运用当年的TM遥感影像，结合一部分辅助性的地形图数据，对研究区域进行目视解译。此次解译主要运用ARCGIS的地图编辑功能，对土地利用矢量层进行编辑及拓扑检查分析。

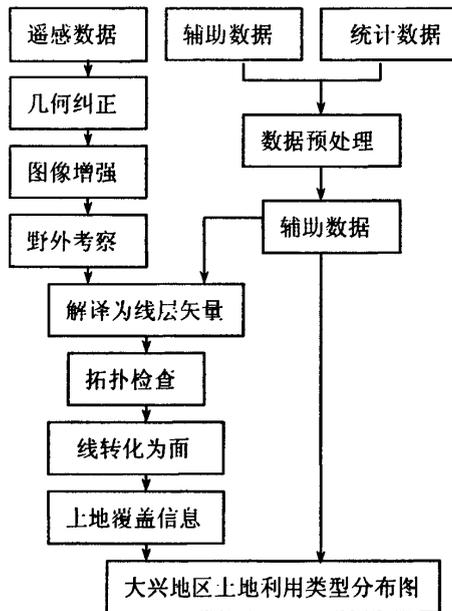


图 5-3 土地利用类型监测技术流程

表 5.3: 大兴区土地利用分类

一级	二级	类型描述
耕地 1	水田 11	指有水源保证和灌溉设施, 在一般年景能正常灌溉, 种植水稻、莲藕等水生作物的耕地, 包括实行水稻和旱地轮种的耕地。
	旱地 12	指无灌溉水源和设施, 靠天然降水生长作物的耕地; 有水源和浇灌设施, 在一般年景能正常灌溉的旱作物耕地; 以种菜为主的耕地, 正常轮作休闲地和轮歇地。
林地 2	有林地 21	指郁闭度大于 30%的天然林和人工林, 包括用材林、经济林、防护林等成片林地。
	灌木林地 22	指郁闭度大于 40%、高度在 2m 以下的矮林地和灌丛林地。
	疏林地 23	指郁闭度为 10%~30%的稀疏林地。
	其他林地 24	包括果园、桑园、茶园等在内的其它林地。
草地 3	高覆盖度草地 31	指覆盖度大于50%的天然草地、改良草地和割草地, 此类草地一般水分条件较好, 草被生长茂密。
	中覆盖度草地 32	指覆盖度为20%~50%的天然草地和改良草地, 此类草地一般水分不足, 草被较稀疏。
	低覆盖度草地 33	指覆盖度为5%~20%的天然草地, 此类草地水分缺乏, 草被稀疏, 牧业利用条件较差。
水域 4	河渠 41	天然或人工形成的线状水体。
	水库/坑塘 43	天然或人工作用下形成的面状水体。
	滩地 46	河、湖水域平水期水位与洪水期水位之间的土地。
建筑用地 5	城镇用地 51	指大、中、小城市及县镇以上建成区用地。
	农村居民点 52	指农村居民点。
	工交建设用地 53	指独立于城镇以外的厂矿、大型工业区、采石场, 以及交通道路、机场及特殊用地。

表 5.4: 1989 年大兴地区土地利用/覆盖类型

一级分类	二级分类	面积 (km ²)	百分比	百分比
耕地 1	水田 11	0.477	0.05%	80.46%
	旱地 12	842.153	80.41%	
林地 2	有林地 21	7.556	0.72%	4.00%
	其他林地 24	34.355	3.28%	
草地 3	高覆盖度草地 31	0.816	0.08%	0.09%
	低覆盖度草地 33	0.105	0.01%	
水域 4	河渠 41	2.429	0.23%	3.37%
	水库/坑塘 43	5.230	0.50%	
	滩地 46	27.701	2.64%	
建筑用地 5	城镇用地 51	8.524	0.81%	12.08%
	农村居民点 52	101.273	9.67%	
	工交建设用地 53	16.706	1.60%	
总面积 (km ²)		1047.326	100.00%	100.00%

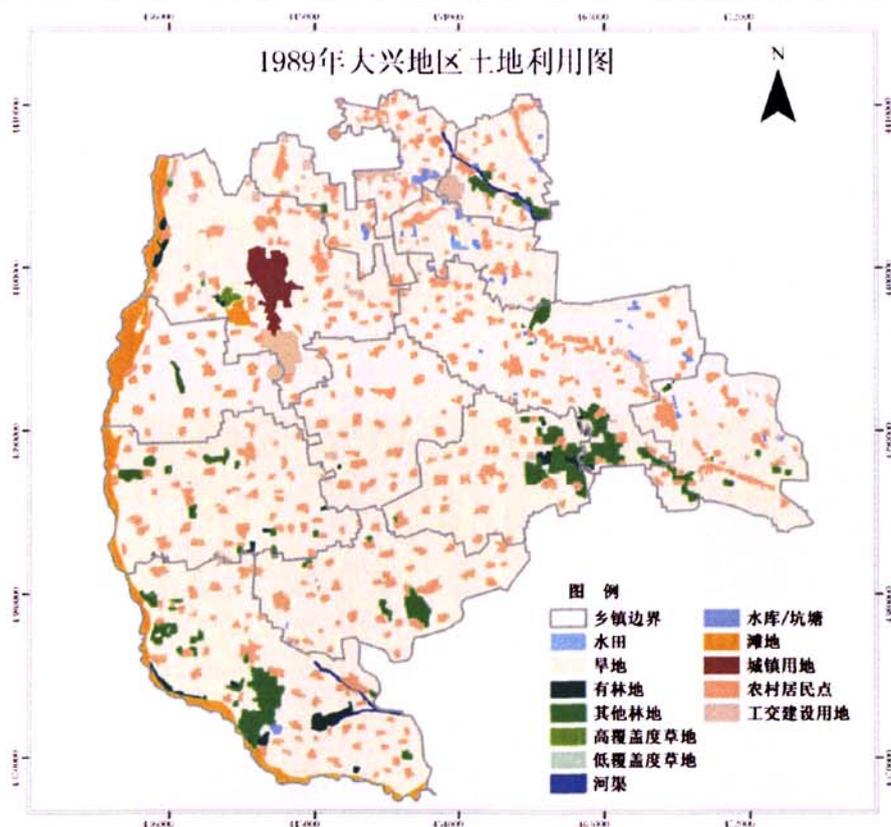


图 5-4 1989 年大兴区土地利用分布图

表 5.5: 2007 年大兴地区土地利用/覆盖类型

一级分类	二级分类	面积(km ²)	百分比	百分比
耕地 1	水田 11	2.107	0.20%	64.62%
	旱地 12	674.739	64.42%	
林地 2	有林地 21	21.944	2.10%	8.14%
	疏林地 23	4.073	0.39%	
	其他林地 24	59.205	5.65%	
草地 3	高覆盖度草地 31	5.120	0.49%	0.73%
	中覆盖度草地 32	0.388	0.04%	
	低覆盖度草地 33	2.118	0.20%	
水域 4	河渠 41	2.113	0.20%	3.67%
	水库/坑塘 43	9.889	0.95%	
	滩地 46	26.470	2.52%	
建筑用地 5	城镇用地 51	64.562	6.16%	22.83%
	农村居民点 52	97.920	9.35%	
	工交建设用地 53	76.680	7.32%	
总面积(km ²)		1047.326	100.00%	100.00%

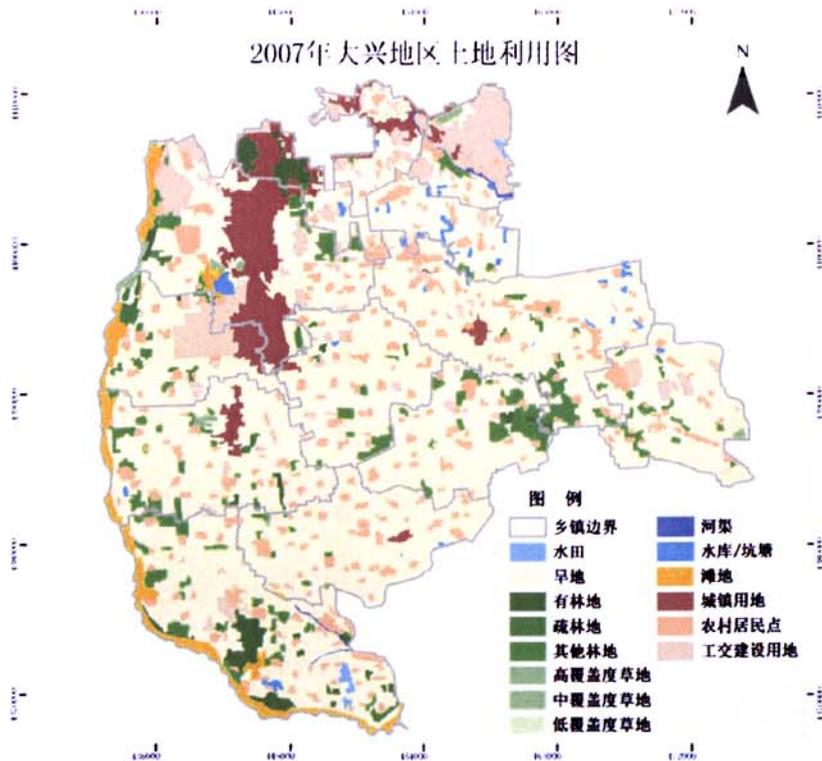


图 5-5 2007 年大兴区土地利用分布图

表 5.6: 1989 年~2007 年大兴地区土地利用变化面积及百分比 (单位: km²)

一级	1989 年	2007 年	变化面积	变化百分比
耕地	842.63	676.846	-165.784	-15.83%
林地	41.911	85.222	43.311	4.14%
草地	0.921	7.626	6.705	0.64%
水域	35.36	38.472	3.112	0.30%
建筑用地	126.219	239.162	112.943	10.78%

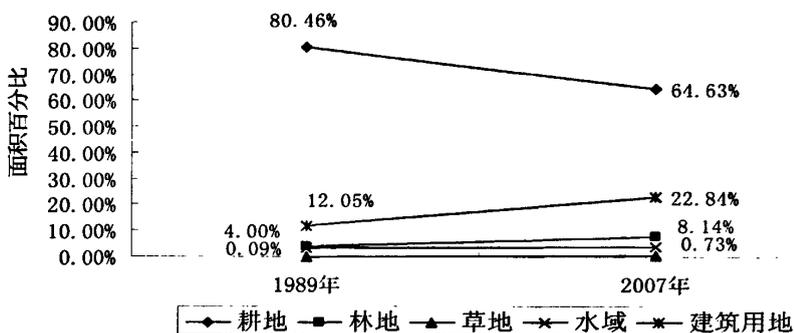


图 5-6 1989 年-2007 年大兴地区土地利用类型变化图

通过以上图可以看出,从 1989 年研究区土地利用类型到 2007 年研究区土地利用类型这 19 年的变化特征是:

- 1、耕地总面积有大量减少,其中一部分被建设用地挤占,一部分变成了林地。耕地总面积减少了 165.784 平方千米,占研究区域总面积的 15.83%。
- 2、林地面积也有明显增加,从 1989 年的 41.911 平方千米增加到 2007 年的 85.222 平方千米,增加了 43.311 平方千米。2007 年林地面积是 1989 年林地面积的两倍多。
- 3、建设用地面积从 1989 年的 126.619 平方千米增加到 2007 年的 239.162 平方千米。增幅面积达到研究区域总面积的 10.78%。

通过以上分析可以看出:19 年间,林草地面积增加了一倍。如上图所示,林草地面积增加的位置主要是在土地沙化严重的永定河周边以及南部的榆垓镇地区。林草地大面积的增加主要原因是:第一,大兴地区的耕地一部分变成了林地。第二:多年来,政府进行了造林为主的植被建设,使沙化地区林地面积有了大幅

度的增加,因此沙化在一定程度上得到了抑制。北京市委、市政府始终坚持把防沙治沙作为推进首都生态建设、改善首都环境质量的重要组成部分和重要的德政工程来抓,采取一系列重大举措,大力开展以植树造林、增加林草植被覆盖为主要内容的防沙治沙群众运动,取得了显著成效。政府的驱动机制起到了重要作用。

5.3.2 沙化土地与土地利用关系分析

表 5.7: 1989 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布 (单位: km^2)

土地沙化类型	耕地	林地	草地	滩涂	合计
轻度沙化土地	24.516	4.423	0.063	0.84	29.876
中度沙化土地	71.901	6.755	0.079	1.112	82.848
重度沙化土地	70.700	4.15	0.022	25.198	97.069
合计	167.117	15.328	0.164	27.15	203.797

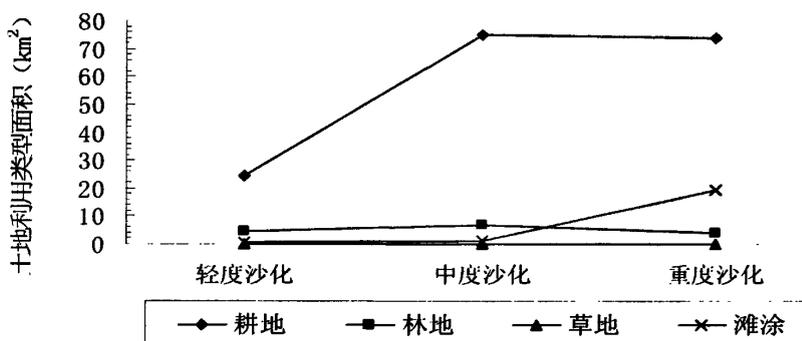


图 5-7 1989 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布

表 5.8: 2007 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布 (单位: km^2)

土地沙化类型	耕地	林地	草地	滩涂	合计
轻度沙化土地	76.517	16.140	0.473	4.836	97.967
中度沙化土地	12.250	2.208	0.763	1.666	16.887
重度沙化土地	26.354	5.194	0.927	13.332	45.807
合计	115.121	23.542	2.163	19.834	160.661

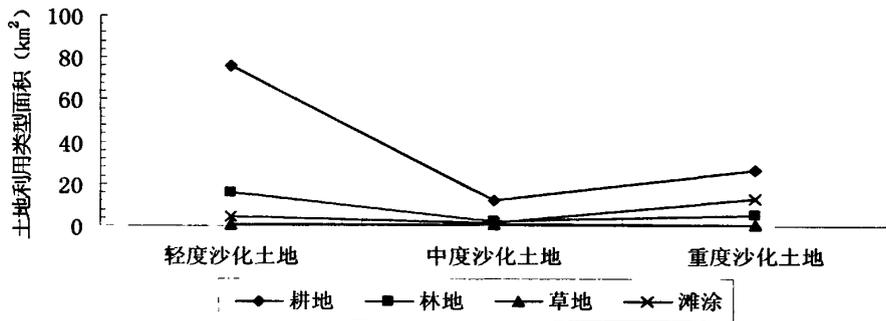


图 5-8 2007 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布

表 5.9: 1989 年至 2007 年不同土地利用类型的沙化土地面积变化 (单位: km²)

土地沙化类型	△耕地	△林地	△草地	△滩涂	△合计
轻度沙化土地	52.001	11.717	0.41	3.996	68.091
中度沙化土地	-59.651	-4.547	0.684	0.554	-65.961
重度沙化土地	-44.346	1.044	0.905	-11.866	-51.262
合计	-51.996	8.214	1.999	-7.316	-43.136

从上表可以看出, 1989 年与 2007 年不同土地利用类型的沙化土地面积分布特征如下:

1、从沙化土地的分布情况看, 沙化土地主要分布在耕地、林地、草地、滩地这四种土地利用类型中。其中沙化土地分布在耕地的区域面积最大, 其次是滩地。滩地的 90% 以上面积为重度沙化土地。

2、从 1989 年到 2007 年间, 分布在耕地的沙化土地减少了 51.996 平方千米。重度沙化土地与中度沙化土地都有大面积的减少, 轻度沙化土地面积增加了。表明: 分布在耕地的重度沙化土地与中度沙化土地一部分转化为轻度沙化土地, 一部分转变变成了其他类型的土地, 其中包括耕地转化成了林地、耕地变成了城镇用地。

3、从 1989 年到 2007 年间, 林地的沙化土地面积增加了 8.214 平方千米。林地的沙化土地面积主要是植被覆盖度小于 70% 的沙化林地。这些增加的林地面积主要分布在永定河周边, 都属于防护林林种及经济林林种, 起到防风固沙的作

用。增加的林地主要是由沙化程度严重的耕地及滩涂地区经过政府植树造林改造后转化而来。这些沙化林地都属于固定沙地。

4、从 1989 年到 2007 年间，滩地上分布的重度沙化土地有明显减少趋势，滩地的沙化土地面积减少了 7.316 平方千米。其中一部分转化为轻度沙化土地，主要是滩地上植树造林，提高了植被覆盖度；另一部分是，在永定河流域的滩地上建设了高尔夫场所，滩地已经转变成了高覆盖度的草地，植被覆盖度很高。

从以上分析可以看出，从 1989 年到 2007 年间，沙化土地总共减少 43.136 平方千米，其中重度与中度沙化土地面积都有大量减少，轻度沙化土地面积增加。由此表明：第一：重度与中度沙化土地转化为轻度沙化土地，沙化程度有好转趋势。第二：研究区沙化土地面积呈现减少趋势。在 1989 年属于重度沙化的土地，在 2007 年已经演变成了轻度沙化的林地。甚至有些区域经过多年植树固沙治理已经转变成了植被覆盖度达到 80% 以上，且以乔木为主，这些沙的在相当一段时间内不可能在退化，所以将这些土地归类到非沙化土地的林地里。综上所述，大兴地区的植树造林、防沙治沙有明显成效。

但是，尽管政府进行大型的造林为主的植被建设，使得大兴地区沙区林地增加、沙化程度减轻，区域风沙活动受到抑止，但是随着人口的增长、社会的发展、城市规模的逐渐扩大，新的问题也将出现。北京市官厅水库面积大范围缩小，水源日趋紧张，下游河床断流、生态环境趋于恶化。由于河床缺水，会导致干河床继续转变成沙化土地，区域地下水下降，更容易造成春季风沙的发生。因此，各级部门应该做好防治工作，加强监测以及资源管理，在更高层次上开展防沙治沙工程。

第六章 结论与讨论

(1) 在基于遥感技术进行沙化土地信息提取与评价研究中, 由于遥感影像空间分辨率的影响, 会出现混和象元的问题。运用传统的目视解译技术、分类技术都不能达到解决混和象元的问题。选择混和象元线性光谱分离技术可以将单个象元中多种地类进行分离, 达到精确分类的效果。

(2) Chavez 提出的基于图像数据的大气校正方法, 能够快速方便的进行遥感影像的大气校正, 为基于光谱分离技术提取沙化土地信息奠定了良好的基础。

(3) 通过对研究区域遥感影像统计特征分析, 得出 TM 遥感影像各波段间相关系数高, 波段间的冗余度高。因此, 在运用混和象元线性光谱分离技术时, 首先需要对研究区遥感影像进行主成分分析, 去除各波段间的相关性。通过对 2007 年研究区域遥感影像进行光谱特征分析、研究区域实地考察分析, 最后选择沙化土地、植被、林草地、水为基本组分(终端端元)。

(4) 通过对线性光谱分离技术进行适用性评价分析, 结果表明: 线性光谱分离技术与穗帽变换、修改型土壤调整植被指数提取地类时具有良好的相关性, 充分说明了本研究中采用混和象元线性光谱分离方法进行沙化土地信息提取具有可行性。与二者对比分析发现, 线性光谱分离技术更有优势。表现在: 能够对提取地类进行定量计算、对植被及土地沙化信息提取更加精准。

(5) 运用遥感技术直接进行沙化土地评价具有客观性、准确性等特点, 采用线性光谱分离技术得出的沙化土地分量为基础来建立研究区域的土地沙化程度的评价指标。分成4个不同的等级, 即包括未沙化土地、轻度沙化土地、中度沙化土地以及重度沙化土地。1989年在大兴地区沙化土地面积为203.797平方千米, 占全市总面积的19.459%, 其中重度沙化土地面积最多, 为97.073平方千米, 占到全市总面积的9.269%。2007年大兴地区沙化土地面积为160.661平方千米, 占到全市总面积的15.340%。其中轻度沙化土地面积最多, 面积为97.967, 占到全市总面积的9.354%。1989年与2007年相比, 2007年沙化土地面积总体呈现减少趋势, 减少了43.136平方千米。其中重度与中度沙化土地面积都有大量减少, 轻度沙化土地面积增加。

(6) 土地沙化是由多种因素综合作用的结果。许多自然因素在很大程度上都受到人为活动影响。土地利用变化是人为影响土地类型最直接的反映。因此利用

土地利用类型的变化,分析研究区域沙化土地动态变化的成因。结果表明:

第一:从土地利用变化的角度表明:从1989年到2007年,大兴地区林草地面积增加了一倍。林草地面积增加的位置主要是在土地沙化严重的永定河周边以及南部的榆垓镇地区。多年来,政府进行了造林为主的植被建设,使沙化地区林地面积有了大幅度的增加。

第二:从沙化土地分布状况角度表明:沙化土地分布在耕地及滩地的沙化土地面积都有减少,并且沙化土地分布在耕地及滩地重度与中度沙化土地面积都有大量减少,轻度沙化土地面积增加,沙化程度有好转趋势。

第三:在1989年属于重度沙化的土地,在2007年已演变成了轻度沙化的林地及草地。甚至有些区域经过多年植树固沙治理已经转变成了植被覆盖度达到80%以上的林地,且以乔木为主,这些沙地在相当一段时间内不可能再退化,所以将这些土地归类到非沙化土地的林地里。

综上所述,大兴地区沙化土地面积减少,风沙活动受到抑制。政府植树造林、防沙治沙取得了明显成效。

(7)在研究混和象元线性光谱分解中,只能选取研究区域主要的地类作为基本组分(终端端元)。然而,实际上研究区域选取的地类中,除了选取的几种主要地类外还有一些面积比例很少的地类。这些未被选取的地类会对分类的合理性有一些影响,因此需要寻找一种方法解决这个问题。由于人口的增长、社会的发展、城市规模的逐渐扩大,新的生态环境问题也将出现。如何应对新的生态环境问题,提出合理的、有效的、具体防治土地沙化的技术对策,是以后我们需要着重解决的问题。

参考文献

- [1] United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification. Particularly in Africa[S]. 1994.
- [2] 王涛, 朱震达. 我国沙漠化研究的若干问题—沙漠化的概念及其内涵[J], 中国沙漠, 2002, 23(3):209-214.
- [3] 王晓慧. 沙化土地遥感监测机理和方法研究. 中国林业科学研究院博士论文, 2007, 1.
- [4] 朱震达, 陈广廷. 中国土地沙质荒漠化[C]北京: 科学出版社, 1994.
- [5] CCICCD. China country paper to combat desertification. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002.
- [6] 马立鹏、韩光庆. TM影像在河西地区荒漠化土地调查中的应用[J]. 中国沙漠, 1996, 16(4):401-406.
- [7] 柴芸. 甘肃省沙化土地监测研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 38(3):296-303.
- [8] 王敏娟, 杨联安等. 基于 TM 影像的沙化土地动态变化研究[J]. 国土资源信息化, 2006:28-32.
- [9] 廉毅, 高极亭. 吉林省西部荒漠化发展的陆地卫星遥感监测分析[J]. 气象学. 1999, 57(6):662-667.
- [10] 赵国忱. 基于形态学的土地荒漠化遥感图像纹理分析. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版)[J], 2002, 4(2):148-150.
- [11] 乔平林、张继贤. 基于神经网络的土地荒漠化信息提取方法研究[J]. 测绘学报. 2004, 33(1):58-62.
- [12] 王晓慧, 李增元. 沙化土地信息提取研究[J]. 林业科学. 2005, 41(3):82-87.
- [13] 杜明义. 决策树方法在土地荒漠化分类中的应用研究[J]. 测绘科学. 2006, 31(2):81-84.
- [14] Tromp M, Epema G F. Spectral mixture analysis for mapping land degradation in semi-arid areas. Geologie en mijnbouw, 1999, 7(2):153-160.
- [15] Alferdo D. Satellite. Remote sensing analysis to monitor desertification processes in the crop-range land boundary of Argentina. Journal of Arid Environments. 2002, 52:121-13.
- [16] 张熙川, 赵英时. 应用线性光谱混合模型快速评价土地退化的方法研究[J]. 中国科学院

研究生院学报, 1999, 16(2): 169-176.

[17] 蒙琳. 县级土地沙化信息遥感动态监测与分析——以陕西省横山县为例. 硕士学位论文, 2005, 6.

[18] 胡孟春. 科尔沁土地沙漠化分类定量指标初步研究[J]. 中国沙漠, 1991, 11(3): 57-60.

[19] 朱震达. 关于中国土地荒漠化概念的商榷[J]. 中国沙漠, 1998, 18(Supp. 1): 1-5.

[20] 王葆芳, 刘星晨. 沙质荒漠化土地评价指标体系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(4): 23-28.

[21] Symeonakis E, Drake N. Monitoring desertification and land degradation over sub-saharan Africa. International Journal of remote sensing, 2004, 25(3): 573-592.

[22] Lambin E F, et al. The surface temperature-vegetation index space for land cover and land cover change analysis. INT. J. RemoteSensing, 1996, 17(3): 463-487.

[23] Valle H F. Status of desertification in the Patagonian region: Assessment and mapping from satellite imagery[J]. Arid Soil Research and Rehabilitation, 1998, (12): 95-122.

[24] 李晓松, 吴波. 基于光谱混和分析的荒漠化信息提取[J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 192-198.

[25] 岳德鹏. 北京市永定河沙地土壤风蚀与人工植被防风阻沙效益研究. 北京林业大学硕士学位论文. 1997.

[26] 北京统计信息网, <http://www.bjstats.gov.cn/>.

[27] 赵英时, 遥感应用分析原理与方法, 科学出版社, 2006, 173.

[28] 池宏康, 周广胜, 许振柱等. 表观反射率及其在植被遥感中的应用, 植物生态学报 2005, 29(1): 74~80.

[29] Chavez, PS., Jr.. Image-base atmospheric corrections-revisited and revised. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1996: 62(9): 1025-1036.

[30] 韦玉春, 黄家柱. Landsat5图像的增益、偏置取值及其对行星反射率计算分析[J]. 地球信息科学, 2006, 8(1): 110-126.

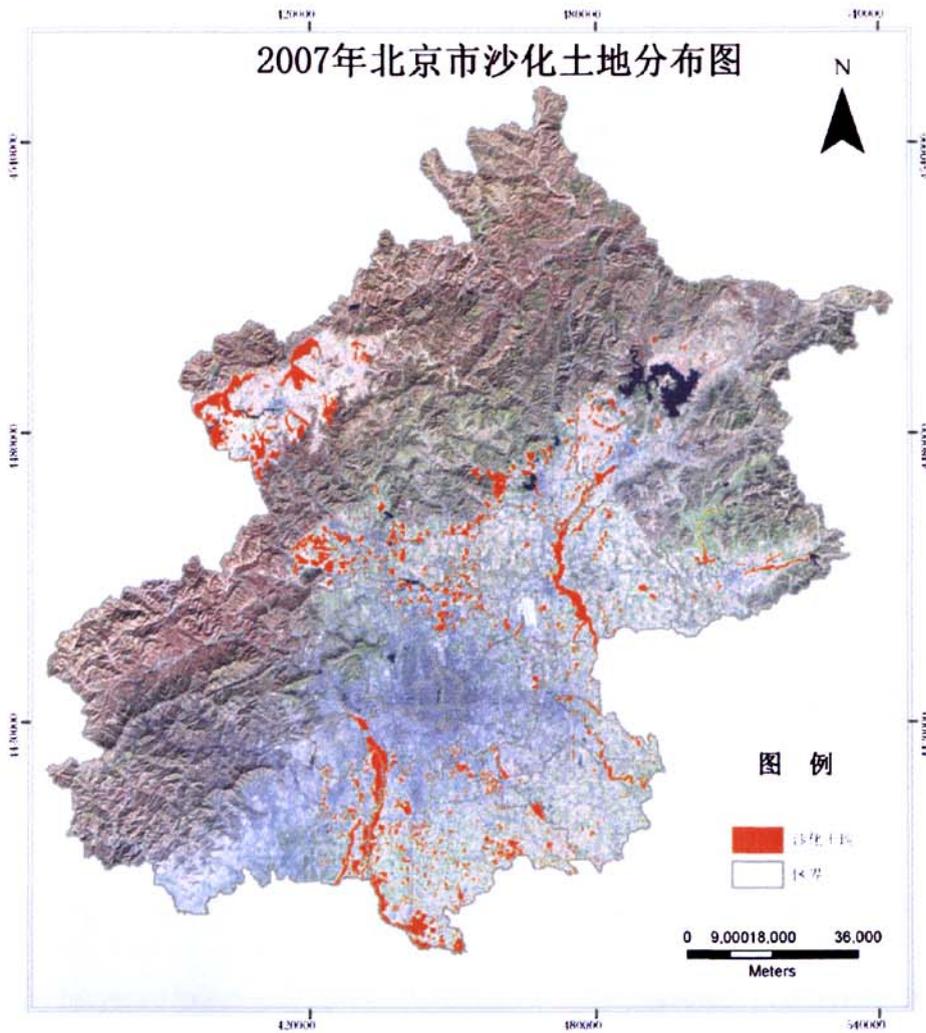
[31] Russell G. Congalton, Kass Green. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices, CRC Press, Inc, 1999.

[32] 龙晶. 沙化土地遥感评价方法[J]. 国土资源遥感, 2005, 63(1): 17-20.

[33] 大兴生态环境建设与保护规划. 中国城市规划设计研究院. 2005, 20.

- [34] 赵英时,美国中西部沙山地区环境变化的遥感研究[J].地理研究,2001,20(2):213-219.
- [35] Boardman, J. W., Kruse, F. A., and Green, R. O., Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data: in Summaries, Fifth JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication 95-1, v. 1, pp. 23-26. 1995.
- [36] Boardman, J. W., and Kruse, F. A., Automated spectral analysis: a geological example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: in Proceedings, ERIM Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, pp. I-407 - I-418. 1994.
- [37] Richards, J. A., Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 240, 1999.
- [38] 袁金国. 遥感图像数字处理, 中国环境科学出版社, 2006, 206.
- [39] 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析, 测绘出版社, 1990.
- [40] 李小娟. ENVI遥感影像处理教程, 中国环境科学出版社, 2007.

附图



致 谢

时光飞逝，三年的研究生学习生活即将结束。在实验室渡过的学习时光里，锻炼了我的团队精神与自学能力。在研究生学习过程中，将学习的理论知识与实践相结合，完成了理论与实践的融合，强化了动手创新能力。使我在思考问题中逐步走向成熟。

在论文顺利完成之际，要衷心的感谢我的导师宫辉力教授。宫老师治学严谨的态度、对工作的热诚以及敬业精神深深的震撼着我。在平时的日常工作与科研项目中，宫老师给我们支持与鼓励，在此我深表感激。

衷心感谢李小娟教授从我入学开始对我学习上的支持与鼓励，在论文的细节上的指导。您干练的工作作风及人格魅力也深深的影响着我。在此我深表感激。

衷心感谢赵文吉教授在科研项目中的指导，您对我们要求严格，注重学生基本功的锻炼及实践能力的培养，使我终身受益。在此我深表感激。

衷心感谢资环学院陈艳春老师、王文利等老师多年来对我关怀与帮助。

衷心感谢宫兆宁博士、张友全博士、孙永华师兄对我的帮助。

衷心感谢尚于力、陈莹、赵文慧宿舍同学及实验室同学的关怀。

衷心感谢家人无私的关爱。